

**Matko Mikašinović**

## **Reljefna izoliranost vrhova gorskog masiva Velebita**

### **Diplomski rad**

predan na ocjenu Geografskom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog zvanja  
magistra/magistre geografije

**Zagreb  
2018.**

*Diplomski rad je izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija, smjer:  
Fizička geografija s geoekologijom na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-  
matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc.  
Mladena Pahernika.*

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

## Reljefna izoliranost vrhova na primjeru gorskog masiva Velebita

Matko Mikašinović, JMBAG: 0116128801

Diplomski sveučilišni studij *Geografija; smjer: Fizička geografija s geoekologijom*  
ISVU 43

124779 Diplomski rad s obranom

**Izvadak:** Predmet istraživanja rada je reljefna izoliranost, morfometrijska funkcija određena razlikom u nadmorskoj visini vrha i sedla koje taj vrh odvaja od drugoga, višega vrha. Temeljem neparametrijskih testova izrađena je (geo)statistička analiza reljefne izoliranosti, a osim deskriptivnih opisa obrađene su korelacijske analize. Problem statističke analize topografskog elementa sa prostornim podacima ispravljen je zonalnom statistikom. Morfometrijskim analizama odredio se prostor relativnog izdizanja, a korelacijama reljefne izoliranosti sa morfometrijskim funkcijama definirao primarni utjecaj strukturnih značajki. Strukturno-geomorfološkim analizama uspoređivala se reljefna izoliranost i strukturni blokovi, a prostorno se reljefna izoliranost smjestila u blizini granica strukturnih blokova.. Time rečeno, strukturno-tektonske značajke glavni su uzrok većoj izoliranosti vrha, a nelinearnom korelacijom reljefne izoliranost s vrijednostima vertikalne raščlanjenosti njenog 1. i 2. trenda reljefna izoliranost postaje dobar pokazatelj strukturne razmrvljenosti reljefa. U geomorfološkom kartiranju izoliranost je kvantificirala velike i male vrhove čime se zaključuje njezina važnost u interpretaciji morfoevolucije.

73 stranica, 24 grafičkih priloga, 10 tablica, 51 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Velebit, reljefna izoliranost, strukturna geomorfologija, geomorfometrija, geomorfološko kartiranje, prostorna statistika

Voditelj: doc. dr. sc. Mladen Pahernik

Povjerenstvo: doc. dr. sc. Mladen Pahernik  
prof. dr. sc. Sanja Faivre  
izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

Tema prihvaćena: 07.02.2017.

Rad prihvaćen: 08.02.2018.

Datum i vrijeme obrane: 22.02.2018., 13:00.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska

BASIC DOCUMENTATION CARD
--------------------------

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

## Topographic Prominence of Velebit Mountain Range

Matko Mikašinović, JMBAG: 0116128801

Diplomski sveučilišni studij *Geografija; smjer: Fizička geografija s geoekologijom*  
ISVU 43

124779 Diplomski rad s obranom

**Abstract:** The thesis analyses topographic prominence, morphometric function defined as elevation difference between a peak and a saddle connecting it to a higher peak. Descriptive statistics and correlation analysis were made with nonparametric tests, as one part of geostatistical analysis, while problem with correlation between topographic object and spatial data was solved with zonal statistics. Zones of relative tectonic uplifting were defined with morphometric analysis, which in correlation with topographic prominence determined structural-geomorphological settings as the main cause of higher peak prominence, which was later confirmed with structural-geomorphological analysis defined location of higher values near structural blocks border. With that in mind, nonlinear correlation between topographic prominence, relative relief and first and second trend of relative relief showed topographic prominence as great indicator of crumbled structure. In the end, because of the structural-tectonic origin, topographic prominence was used as a variable for quantitative peak classification of Velebit Mt., showing a great importance in morfoevolution interpretation.

73 pages, 24 figures, 10 tables, 51 references; original in Croatian

**Keywords:** Velebit, topographic prominence, structural geomorphology, geomorphometry, geomorphological mapping, geostatistics

**Supervisor:** doc. dr. sc. Mladen Pahernik

**Reviewers:** doc. dr. sc. Mladen Pahernik  
prof. dr. sc. Sanja Faivre  
izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

Thesis submitted: 07.02.2017.

Thesis accepted: 08.02.2018.

Thesis defense: 22.02.2018., 13:00.

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

---

*...najprije bih se želio zahvaliti bivšoj kolegici i prijateljici Sari Brozić na lektoriranju unatoč vlastitoj gužvi te svima koji su me na ovaj ili onaj način zainteresirali ili vodili kroz geomorfološke tematike na svojim predavanjima ili kroz razgovore. To su bili, redom: prof. Karel Natek, prof. Uroš Stepišnik, Klemen Cof, prof. Nenad Buzjak, prof. Danijel Orešić, prof. Neven Bočić, prof. Mladen Juračić, Igor Felja, prof. Tihomir Marjanac, prof. Sanja Faivre, prof. Bruno Tomljenović, Damir Palenik, Katarina Pavlek, Florijan Kvetek, Luka Bregni i, naravno, moj mentor prof. Mladen Pahernik, koji je pročitao i preživio sve moje pogreške,*

*...a potom i svima onima koji su trpjeli ispade i ignoriranja tijekom pisanja diplome/magisterija - „ekipa s fizičke“, „ekipa iz srednje“, „r'n'r ekipa“, Anđelka, Marko, Uroš i Monika, koji su bili i ostali uz mene sve ovo vrijeme*

*...hvala vam svima što ste činili moje studentske godine, bile su nezaboravne.*

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. METODOLOGIJA .....	2
1.2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	3
2. TEMELJNA GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA GORSKOG HRPTA - MASIVA VELEBITA.....	5
3. RELJEFNA IZOLIRANOST .....	9
4. VRHOVI VELEBITA .....	11
5. RELJEFNA IZOLIRANOST VRHOVA GORSKOG HRPTA - MASIVA VELEBITA .....	13
5.1. RELJEFNA IZOLIRANOST .....	13
5.2. STATISTIČKI OPIS RELJEFNE IZOLIRANOSTI .....	18
5.3. KORELACIJA S MORFOMETRIJOM.....	25
5.4. KORELACIJA SA STRUKTUROM.....	34
6. PRIMJENE RELJEFNE IZOLIRANOSTI VRHOVA .....	38
6.1. GEOMORFOLOŠKO KARTIRANJE.....	38
6.1.1. DOSADAŠNJE KLASIFIKACIJE I KARTIRANJE .....	38
6.1.2. KVANTITATIVNA KLASIFIKACIJA I PRIKAZIVANJE VRHOVA.....	41
6.2. INDEKS DOMINANTNOSTI.....	42
6.4. OSTALE PRIMJENE.....	45
7. ZAKLJUČAK.....	47
8. LITERATURA I IZVORI .....	49
POPIS PRILOGA I SLIKA.....	52

## 1. UVOD

Među kvantitativnim mjerenjima vrhova izdvaja se reljefna izoliranost kao razlika u nadmorskoj visini vrha i sedla koje taj vrh odvaja od drugog, višeg vrha. Tako definirano mjerenje rezultat je klasičnih mjerenja, koji se zasnivaju na razlici između nadmorske visine vrha i mora, odnosno srednje razine mora, te su podložnije promjenama ovisno o svrsi i cilju istraživanja. Za zoran prikaz računanja izoliranosti i rezultate izabrana je orografski zatvorena cjelina i najjeminentnija planina u Hrvatskoj – Velebit, o čijoj je prirodnoj osnovi napisan veliki broj radova. Iako je formiranje današnjeg reljefa djelomično modelirano recentnim procesima pleistocena i holocena, njena krška priroda definira geološke strukture i slojeve kao primarne elemente uvjetovanja reljefa, a s obzirom na proporcije strukture, ti su procesi diferencirani klimatskim razlikama. Tako raznolika priroda predstavlja idealno područje za provođenje geomorfološke analize, a o njenoj važnosti govore prije naveden veliki broj radova.

Osnovne analize uključuju proučavanje strukturno-geomorfoloških i morfometrijskih elemenata prostora te njihovo geostatističko povezivanje u svrhu otkrivanja prostornih zakonitosti reljefne izoliranosti. Logično, najveću važnost imat će strukturno-geomorfološke značajke kao direktne posljedice tektonske aktivnosti litosfernih ploča, rasjeda i rasjednih zona. Posebnu važnost na strukturno-tektonske značajke imala je neotektonska promjena smjera stresa koja se očitava kroz promjenu generalnog pružanja morfolineamenata. Prilagođavanje tektonskih struktura posredno je utjecalo na promjene strukturnih značajki, čija će razlomljenost na strukturne blokove linijama rasjeda utjecati na reljefnu izoliranost.

Cilj diplomskog rada je primjena reljefne izoliranosti kao morfometrijske funkcije analize reljefa. Tako će se analizirati veza između parametra reljefne izoliranosti i drugih morfometrijskih obilježja istraživanog prostora, te morfološke strukture reljefa. Pomoću indeksa reljefne izoliranosti također će se temeljem matematički definiranih odnosa postaviti morfološka klasifikacija vrhova. U radu su razvidna tri uzročno-posljedično povezana dijela. U prvom se opisuju dosadašnja saznanja o geomorfološkim osobitostima Velebita, nakon čega je objašnjena, provedena, analizirana i interpretirana reljefna izoliranost vrhova, i, konačno, postavljanja u odnos s postojećim znanjem o strukturnoj geomorfologiji i geomorfometriji Velebita. Na kraju je objašnjena važnost njene implementacije kako u geomorfologiji, tako i u praktične svrhe. Za sigurnost dosezanja ciljeva, sljedeće hipoteze bilo je potrebno afirmirati ili opovrgnuti:

1. SRTM1 model reljefa i program Winprom dovoljno su kvalitetni alati za računanje reljefne izoliranosti
2. nijedna od dosadašnjih morfometrijskih funkcija statistički ne pojašnjava vrijednosti reljefne izoliranosti
3. reljefna izoliranost posljedica je strukturno-tektonskih značajki
4. optimalan je pokazatelj strukturne razmrvljenosti reljefa
5. prikladna je mjera kvantitativne klasifikacije vrhova

## 1.1. METODOLOGIJA

Metodologija je bila ograničena na kabinetski dio, točnije na matematičko-statističke analize podataka obrađene u programu Winprom. Teoriju reljefne izoliranost postavlja Helman (2005), a besplatni program koji omogućuje njeno digitalno računanje na temelju digitalnog modela reljefa može se preuzeti na linku ([www.github.com/edwardearl/winprom](http://www.github.com/edwardearl/winprom)). Također, moguće je preuzeti i programske datoteke u kojima se manipulira njegovim osnovnim postavkama. Uz program se dobiva i modul Winelev, čija je funkcija transformiranje digitalnih modela reljefa. Međutim, zbog programiranosti nije moguće transformirati sve vrste modela reljefa već samo određene – SRTM, NED BIL, USGS DEM, GTOPO30 DEM, Globe, ETOPO2, RAMP, Elevation map i Differential elevation map, a konačni cilj je stvaranje .elv datoteke s pripadajućim vrijednostima nadmorskih visina. U radu je korišten DEM SRTM1 (30m) preuzet sa stranice Geološkog zavoda SAD-a, odnosno iz njihove internetske baze podataka ([www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov)). Nakon transformacije u .elv datoteku, alatima programa su se automatski identificirali vrhovi i sedla prema principu funkcija susjedstva, odnosno kroz otkrivanje ćelija maksimalnih i minimalnih vrijednosti u 3x3 definiranom susjedstvu. U programu je moguća identifikacija i drugih topografskih elemenata važnih za teoriju reljefne izoliranosti, međutim, u radu su korišteni samo vrhovi i sedla. Dodatna mogućnost je i njihov hijerarhijski prikaz s međusobnim vezama i vrijednostima reljefnih izoliranosti i nadmorskih visina pod imenom *Divide tree* čije su mogućnosti predstavljene dalje u radu. Podatci o vrhovima i sedlima, tj. njihova nadmorska visina, reljefna izoliranost i koordinate izvezene su u .txt obliku, a nakon uređivanja u programu *Excel* i formiranja .dbf tablice, vrhovi i sedla su se prikazali i analizirali u GIS okružju. Korišten je ArcGIS 10.1 s modulima Analysis, Spatial Analyst i Spatial Statistics, gdje je pored SRTM1 modela reljefa, stvoren i analiziran DEM10, koji se temelji se na automatskoj vektorizaciji slojnica s topografskih karata mjerila



1:25 000 (TK25). Strukturni blokovi i rasjedi preuzeti su iz Faivre (1999), te naknadno vektorizirani i georeferencirani, kao i morfometrijske analize te preklapanje slojeva, u nacionalnom projiciranom koordinatnom sustavu HTRS96 TM. Statističke analize podataka djelomično su odradene u GIS okružju, a većinski u programima Microsoft Excel 2013 i IBM SPSS Statistics 20.

## 1.2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

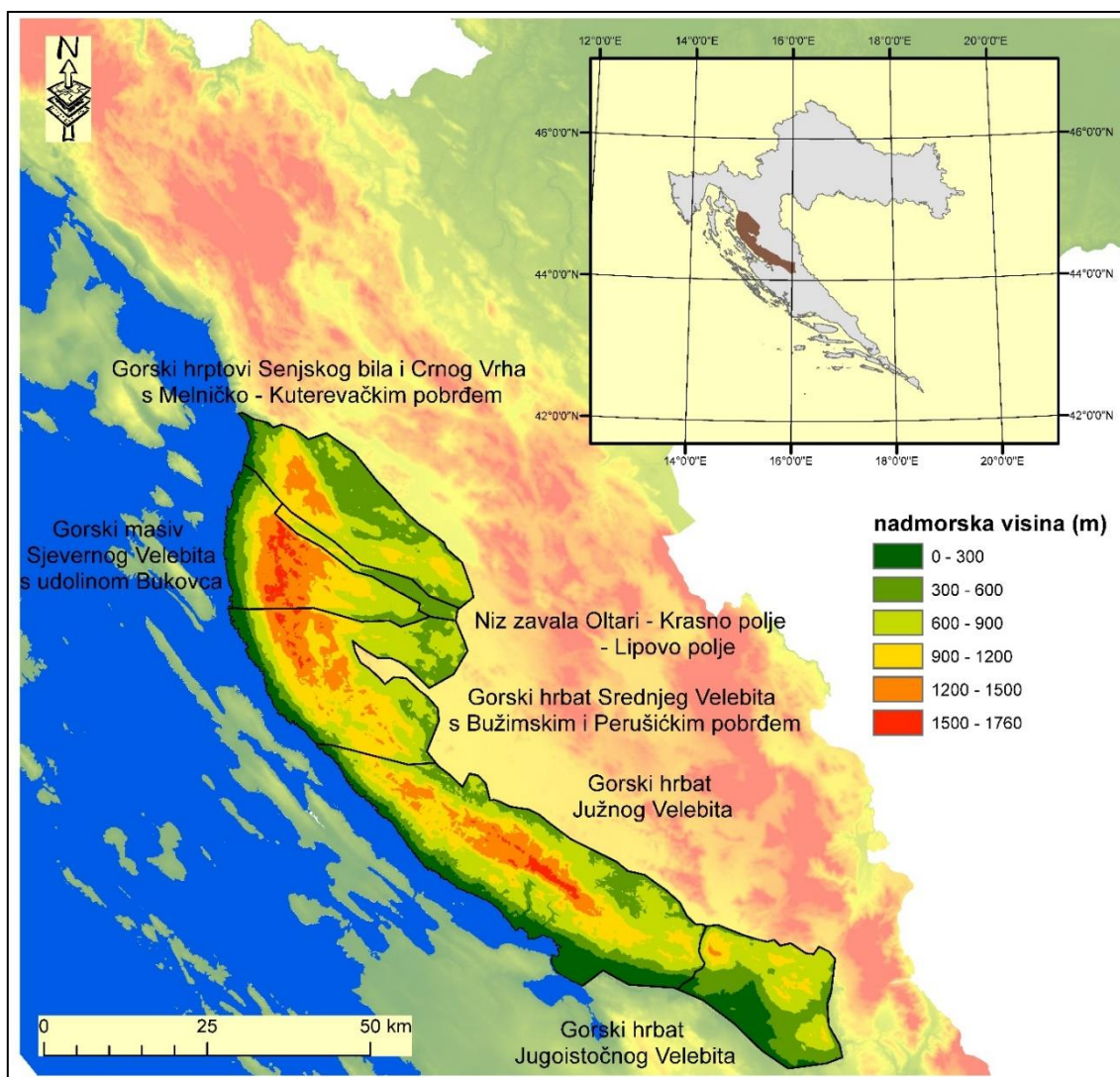
Prostor analize obuhvaćao je gorski hrbat - masiv Velebita. Počevši od Senja i prijevoja Vratnika, sa svojih 145 km dužine ruža se do kanjona Zrmanje, dok mu je najveća širina 40 km. Cijela planina zauzima površinu od 2738 km<sup>2</sup>, a analizirani dio 2520 km<sup>2</sup>, zbog ograničenosti programa Winprom. Najviši vrh (Vaganskih vrh) visok je 1756 metara nadmorske visine, a zračnom je udaljenosti od Jadranskoga mora udaljen 9,5 km. U podnožju primorskih padina, usporedno s pružanjem tjemena formirala se zasebna regija - Podvelebitsko primorje. S unutrašnjom, ličkom padinom povezana je cestama građenima kroz veće prijevoje poput Vratnika ili Baških Oštarija. Administrativno, Velebit pripada Ličko-senjskoj i Zadarskoj županiji, a u svrhu zaštite prirode cijela je planina proglašena parkom prirode unutar kojega su smještena dva nacionalna parka – Sjeverni Velebit i Paklenica te niz, hijerarhijski nižih jedinica zaštite prirode.

Geomorfološki, (Bognar 2001) izdvaja Velebit kao izoliranu orografsku cjelinu u Gorskoj Hrvatskoj. Prema taksonomiji (Tab.1) postoji šest subgeomorfoloških regija izdvojenih temeljem istovjetnih i evolucijski povezanih reljefnih cjelina. Susjedne mezogemorfološke regije unutar Gorske Hrvatske su Gorska skupina Velika Kapela na sjeveru, Gorska skupina Mala Kapela na sjeveroistoku, Lička Zavala na istoku i Lička Plješivica s gorskim masivom Poštaka na jugoistoku. Zapadna granica je omeđena dvjema makrogeomorfološkim regijama – Istarskim poluotokom s Kvarnerkim primorjem i arhipelagom na sjeverozapadu i SZ Dalmacija s arhipelagom na jugozapadu.

Tab. 1 Geomorfološka regionalizacija gorskog hrpta - masiva Velebita

Megageomorfološka regija	2.Dinarski gorski sustav
Makrogeomorfološka regija	2.1.Gorska Hrvatska
Mezogeomorfološka regija	2.1.7. Gorski masiv-hrbat Velebit
Subgeomorfološka regija	2.1.7.1. Gorski hrptovi Senjsko bilo i Crni vrh s Melničko – Kuterevskim pobrđem 2.1.7.2. Niz zavalu Oltari – Krasno – Lipovo polje 2.1.7.3. Gorski masiv Sjevernog Velebita s udolinom Bakovca 2.1.7.4. Gorski hrbat Srednjeg Velebita s Bužimskim i Perušićkim pobrđem 2.1.7.5. Gorski hrbat Južnog Velebita 2.1.7.6. Gorski hrbat Jugoistočnog Velebita

Izvor podataka: Bognar, 2001



Sl. 1 Smještaj, položaj i geomorfološka regionalizacija gorskog hrpta - masiva Velebita

Izvor podataka: Bognar, 2001

## 2. TEMELJNA GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA GORSKOG HRPTA - MASIVA VELEBITA

Velebit je gorsko uzvišenje s obilježjima masiva na sjevernom te grebenima na srednjem i južnom dijelu (Bognar, 1994a), a posljedica je progresivnog kretanja Jadranske mikroploče. Strukturno predstavlja na visokom stupnju razmrvljenu antiklinalu s uspravnim, kosim i prebačenim borama, regionalnim velebitskim te nizom graničnih rasjeda strukturnih jedinica (Faivre, 2007). Neovisno govorimo li o teoriji većeg broja (Herak, 1991) ili jedinstvene (Vlahović i dr., 2005) karbonatne platforme, odnosno o graničnom ili središnjem smještaju Velebita, njihova/njezina struktura i mobilnost definirala je zonalno pružanje mezozojskih, pretežito karbonatnih naslaga s posljedičnim transgresivno položenim jelar naslagama (Bognar, 1994a) čiju će hipsometrijsku raznolikost uvjetovati naknadni tektonski pokreti i egzogeni procesi. S druge strane, tektonska aktivnost i razmrvljenost u svrhu sekundarne poroznosti, petrologija karbonatnih stijena i dovoljna količina padalina uvjetovala je nastanak krškog tipa reljefa, međusobni utjecaj s klimatskim obilježjima reljefne procese, a morfometrijske funkcije njihovo prostorno i vremensko prostiranje. Raspored njegovih reljefnih oblika i skupina oblika često se dovodio u tijesnu vezu sa strukturom, odnosno prostiranjem pukotina, rasjeda, njihovih sustava i naslaga čime se zaključuje primarna uvjetovanost reljefa geološkim značajkama.

Tektonski okvir Velebita se prema Bahunu (1974) može opisati dvjema teorijama. Prva pretpostavlja Velebit kao autohton koji je rasjednim pokretima poremećen, a litološki sastavljen od neporemećenih paleozojskih do današnjih naslaga (Bahun, 1974 prema Sokač, 1969, 1973). Druga pretpostavlja tangencijalne pokrete strukture prema jugozapadu čime je Velebit obilježen kao alohtona antiklinala neke veće antiklinale. Neovisno kojoj se tektonskoj ideji priklonili, geološka povijest Velebita započinje lokalnom fragmentacijom i vulkanskom aktivnošću u ladiniku (Faivre, 1999). Subsidence SZ i JI dijelova fragmentirala je pozitivne forme tijekom gornje jure, a krajem krede započinje dezintegracija mezozojske karbonatne platforme. Tijekom srednjeg eocena započinje sedimentacija fliša, a u oligocenu sedimentacija u Jadranu koja se nastavlja u neogenu i kvartaru, dok u istoj epohi, prije oko 35 milijardi godina započinje retrogradna rotacija Jadranske ploče (Mathez i Webster, 2004) i prilagođavanje struktura na novi vektor stresa čiji eklatantan primjer čini Velebit (Mihljević, 1995). Tijekom srednjeg paleogena i starijeg neogena, nakon pirenejske orogenetske faze, dolazi do stvaranja Jelar i Promina naslaga, čija se geneza razlikuje prema okolišu akumulacije i transportu jer, dok su Jelar naslage derazijskim procesima (Bahun,

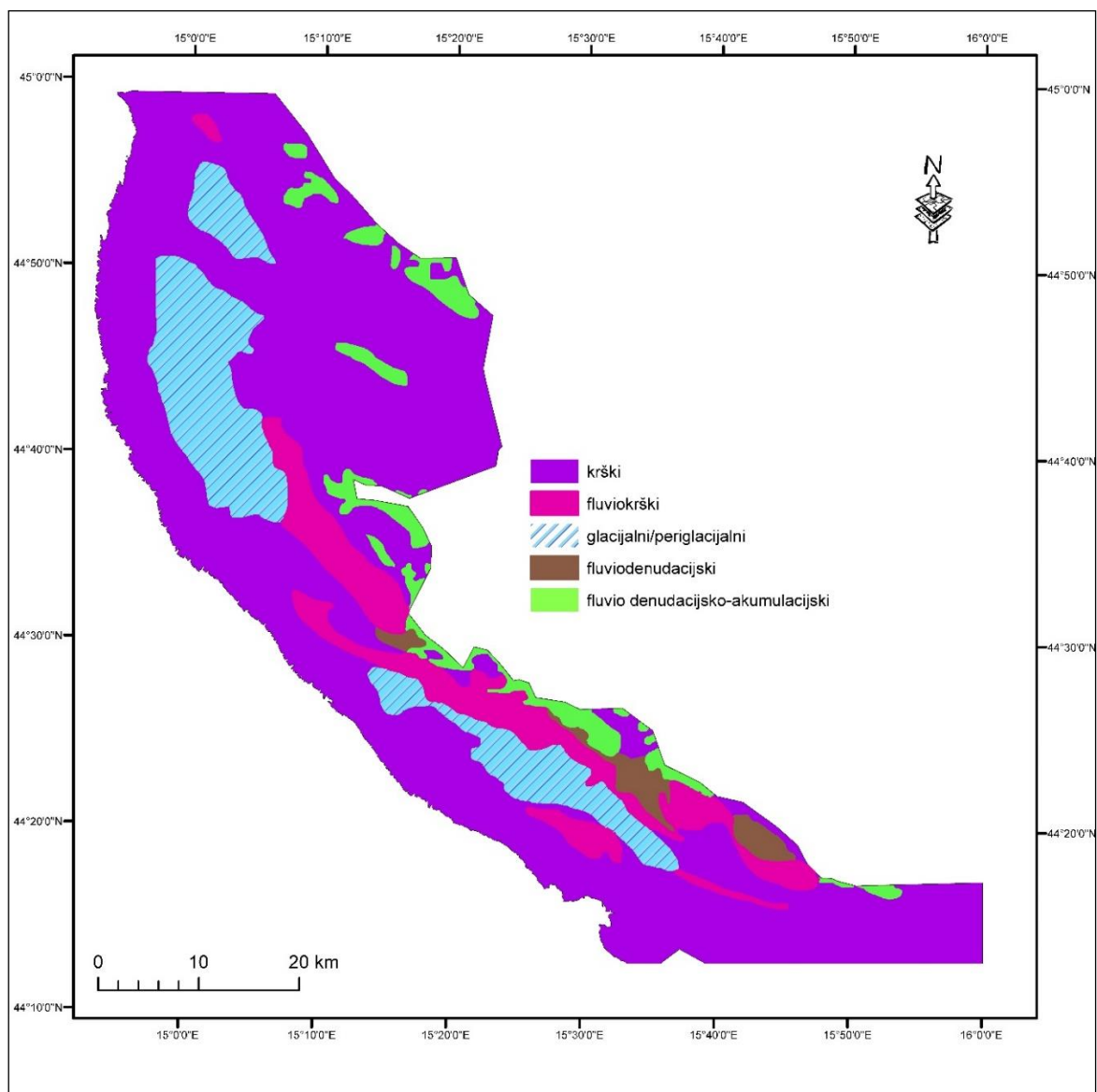
1974) akumulirane u podnožju gorskih strana, Promina naslage su abrazijskim ili fluvijalnim transportom prenošene u obližnji/e bazen/e unutar kojih su sedimenti zaobljeni (Bognar, 1994b). Prema istom autoru upravo je formiranje Jelar naslaga početak pedimentacije Velebita pomoću koje se rekonstruira morfogeneza strukture odnosno vremenski komparativno navode razdoblja tektonskih aktivnosti i mirovanja. Njihova rasprostranjenost kroz vertikalni stupac dokaz je kasnijih tektonskih aktivnosti, među kojima su najintenzivniji slijedili tijekom neogena na čijem su početku formirane i glavne orografske strukture (Faivre, 1999). Među njima se posebice ispostavlja masiv Sjevernog Velebita na kojemu su Jelar naslage hipsometrijski najviše povišene (Mamužić i dr., 1969), gdje prema analizi dosežu najvišu nadmorsku visinu od 1679 metara. Međutim, tijekom tektonskih pokreta u neogenu započinje stvaranje mlađeg pedimenta u gornjem miocenu, što navodi na zaključak da je unutar intenzivnih neogenskih tektonskih aktivnosti postojalo razdoblje tektonskog mirovanja. Također, postavlja se pitanje vektora starijih i mlađih tektonskih aktivnosti, s obzirom na to da prema Bognaru (1992) ne postoji mlađi pediment na ličkoj padini Južnoga Velebita. Proces pedimentacije primarno je ovisio o klimatskim uvjetima. Pustinjska klima tijekom Mesinske faze u gornjem miocenu pretpostavlja intenzivniju mehaničku destrukciju stijene i početak pedimentacije. Savanskom klimom tijekom pliocena proces je nastavljen stvaranjem terre rosse na pedimentu te intenziviranjem korozije kao glavnoga procesa stvaranja grohota (u sustavu muzge – škrape – grohot), kada je korozija pospješila pedimentaciju retrogradnim pomicanjem padina. Kvartarni procesi, predisponirani suho-hladnim klimama, altiplanacijskim procesima utjecali su na nastavak pedimentacije, koji zbog današnjih klimatskih prilika ne bi, ali zbog ljudskom aktivnošću ogoljenih padina ipak traje i danas (Bognar, 1994b).

Moderaciju primarne uvjetovanosti, a posljedično i formiranje mozaika reljefnih tipova omogućile su međusobno povezana (mikro)klimatska obilježja i reljefna energija. Perica i Orešić (1999) zaključuju aktivno termomehaničko raspadanje stijene u ljetnom dijelu godine, dominante kriogene procese i mehaničko raspadanje u vršnim dijelovima, prevladavanje kratkotrajnih i obilnih oborina i njihovo pogodovanje procesima spiranja i jaruženja, pojave sniježnih lavina na strmijim područjima s dužim zadržavanjem snijega te utjecaj dugotrajnog zadržavanja snijega odnosno smanjenog isparavanja na pojačan intenzitet korozije i posljedično asimetričnost ponikava.

Najrasprostranjeniji genetski tip reljefa je krški, a s obzirom na nadmorsku visinu, raspored litoloških članova i postojanje nekrških procesa razlikujemo nivalni, ponikvasti, kupolasti, fluvio, goli te pokriveni tip krša. Raznolikost sveprisutnih padinskih procesa izrazito je

utjecala na današnji reljef, s time da je potrebno naglasiti utjecaj zadnjeg ledenog doba na njihovu alteraciju. Fluviodenudacijski reljef je zbog pretežno vapnenačke podloge izoliran, međutim, ističu se primjeri Velike i Male Paklenice. U sklopu istraživanja glacijalnih tragova na Velebitu, Nikler (1973) istražuje morenu na Rujnu, a tragove glacijacija Sjevernog i Srednjeg Velebita istražuju Bognar i dr. (1991) gdje utvrđuju egzaracijske i akumulacijske oblike na visinama od 1400 – 1700 metara nadmorske visine. Istovjetne geomorfološke tragove glacijacije mlađeg pleistocena Bognar i Faivre (2006) nalaze na Srednjem Velebitu, Belij (1985) na Južnom Velebitu, dok Stepšnik (2015) na padinama pored Krasnog polja navodi depresije s morenskim materijalom na nadmorskoj visini dna od 1200 metara. Unatoč istraživanjima ne postoji konzistentna nadmorska visina iznad koje se sa sigurnošću može tvrditi postojanje glacijacije jer je ona ovisila o lokalnom reljefu, najčešće ponikvama kao ishodištima cirknih, platoastih i dolinskih ledenjaka. Utjecaj glacijacije vidljiv je i u endogenim krškim oblicima. Bočić i dr. (2012) analizirajući špiljske sedimente u Štirovači, zaključuju utjecaj glacijalnih doba u alteriranju procesa i prirodnog zatrpavanja špilja, dok istraživanjem kemijskih elemenata (Kern i dr., 2011) pretpostavljaju atmosferske prilike tijekom glacijacije. Periglacijalni reljef je predstavljen kriofrakcijom te lavinama, kamenim strujama i „morem kamenja“, a gustoća primarnih i sekundarnih pukotina te nagib ploha se izdvajaju kao primarna faktora njegove pojave na Velebitu (Perica i dr., 2010). Isti autori naglašavaju učinak mikroklimе u mrazištima, tj. bilo kojim dubljim depresijama te podređuju važnost nadmorske visine lokalnim reljefnim osobitostima. Marinski reljef ograničen je, naravno, na obalni dio gdje dominiraju potopljene jaruge danas predstavljene raščlanjenim zaljevima s aktivnim padinskim procesima. Njihova geneza uvjetovana je nejednakim tektonskim izdizanjem krajem pliocena kada započinje diseciranje ranije zaravni i niskih bila, sastavnih dijelova podgorske zaravni, odnosno geomorfološki najniže cjeline primorske padine Velebita (Rogić, 1958). Izdizanje morske razine potopilo je jaruge te povećalo vlažnost zračnih masa, posljedično i količinu padalina na primorskoj padini, posredno utječući na reljef kroz modifikaciju egzogenih procesa. Uz podgorsku zaravan, isti autor navodi žljebastu udolinu gornjeg pregiba sa strmim padinama i glavicama te visokoplaninsku zonu kao preostale dvije geomorfološke cjeline. Žljebasta udolina obilježena je zatvorenim krškim uvalama te glavicama koje autor interpretira kao rasjedne odsjeke. Strmim, dobro okršnim i pretežito golim padinama odjeljena je od visokoplaninske zone s glavnim grebenima i njihovim vrhovima čiju morfografiju diseciraju duboke krške depresije.

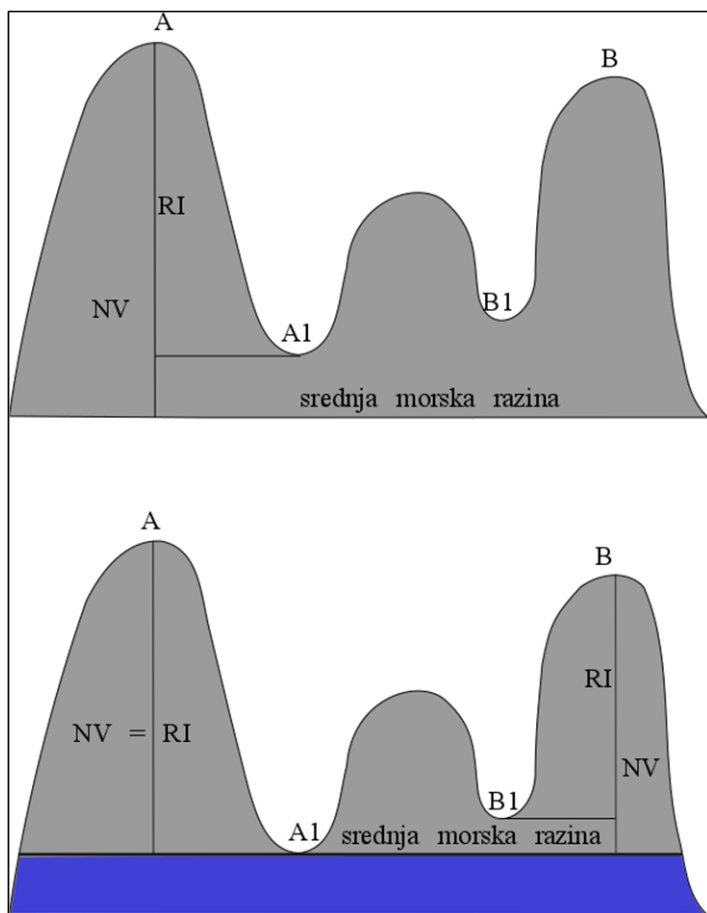
Prema Bognaru (2001) se mezogeomorfološka regija Gorski hrbat – masiv Velebita unutar Gorske Hrvatske i Dinarskog gorskog sustava dijeli na pet morfoevolucijsko povezanih subgeomorfoloških regija – Gorski hrptovi Senjsko Bilo i Crni vrh s Melničko - Kuterevskim pobrđem, Niz zavala Oltari – Krasno – Lipovo polje, Gorski masiv Sjevernog Velebita s udolinom Bakovica, Gorski hrbat srednjeg Velebita s Perušičkim i Bužimskim pobrđem, Gorski hrbat Južnog Velebita i Gorski hrbat Jugoistočnog Velebita, a prema tipu geomorfološke regije pripada gorskom tipu, neotektonskim pokretima lučno izvijenom, borano – rasjedno (– navlačnom) i konformnoj morfostrukтури dinarskog pružanja (Bognar, 1987).



Sl. 2 Genetski tipovi reljefa gorskog hrpta - masiva Velebita  
Izvor podataka: Bognar i dr., 2012

### 3. RELJEFNA IZOLIRANOST

Reljefna izoliranost (*eng. Topographic prominence*) kvantitativna je funkcija vrha izražena razlikom u nadmorskoj visini između vrha i sedla koje taj vrh dijeli od drugog, višeg vrha. Za razliku od vertikalne, reljefna izoliranost nije ograničena na udaljenost između vrha i sedla, čime funkcija reljefne izoliranosti može postaviti u odnos i međusobno udaljene lokalne ili regionalne vrhove orografske cjeline u svrhu potpunijeg razumijevanja. Nadmorska visina najvišeg vrha odgovara njegovoj izoliranosti, obzirom na to da je srednja morska razina, otkuda se mjeri i nadmorska visina, sedlo koje dijeli od druge, više (geomorfološke) uzvisine. Helman (2005) navodi dva modela opisivanja reljefne izoliranosti – model planinara i model otoka (Sl. 3). Prema prvom, planinar se nalazi na uzvisini B. Kako bi došao do vrha A, mora se spustiti do korelativnog sedla A1 otkuda se mjeri reljefna izoliranost(RI) tog vrha. Prema drugom modelu potrebno je zamisliti da se razina more iz prvog modela izdignula do nadmorske visine korelativnog sedla A1. Izdizanjem morske razine izraz reljefne izoliranost vrha A se izjednačava s nadmorskom visinom vrha, u kojem slučaju vrh postaje najviši vrh geomorfološke uzvisine.



Sl. 3 Skice objašnjenja reljefne izoliranosti prema Helman (2005)

Upravo je arbitrarnost srednje morske razine, odnosno njezina fluktuacija, bila odlučujući čimbenik u percepciji vrha. Usporedbom podataka (Tab. 2) očita je diferenciranost geomorfoloških uzvisina pri mjerenju iz zemljinog središta zbog ekvatorskog ispupčenja, lista prema kojoj Mt. Everest ne pripada ni u prvih dvadeset (Helman, 2005). Osim dva navedena, mjerenje na temelju visine između vrha i početka geomorfološke uzvisine rezultira novim poretkom prema kojem je Mauna Kea najviša s 10,210 metara nadmorske visine (Nace, 2015). Zbog „hot spot“ geneze otežana je usporedba s ostalim mjerenjima te klasifikacijama uzvisina, ali usprkos tome, zanimljivi su načini mjerenja čiji su ciljevi istaknuti posebnosti vrhova i pripadajuće uzvisine.

Tab. 2 Prvih deset vrhova svijeta prema nadmorskoj visini i reljefnoj izoliranosti

Uzvisina	Vrh	Nadmorska visina (m)	Vrh	Uzvisina	Reljefna izoliranost (m)
Himalaya	Everest	8848	Mount Everest	Himalaya	8848
Karakoram	K2	8611	Aconcagua	Ande	6962
Himalaya	Kangchenjunga	8586	Denali	Gorje Aljaska	6144
Himalaya	Lhotse	8516	Uhuru	Kilimanjaro	5885
Himalaya	Makalu	8463	Pico Cristobal Colon	Sierra Nevada de Santa Marta masiv	5509
Himalaya	Cho Oyu	8201	Mount Logan	Gorje Wrangler	5250
Himalaya	Dhaulagiri	8167	Pico de Orizaba	Meksički vulkanski pojas	4922
Himalaya	Manaslu	8156	Vinson Massif	Lanac Sentinel	4892
Himalaya	Nanga Parbat	8125	Puncak Jaya	Lanac Sudirman	4884
Himalaya	Annapurna	8091	Mount Elbrus	Kavkaz	4741

Izvor podataka: Helman, 2005



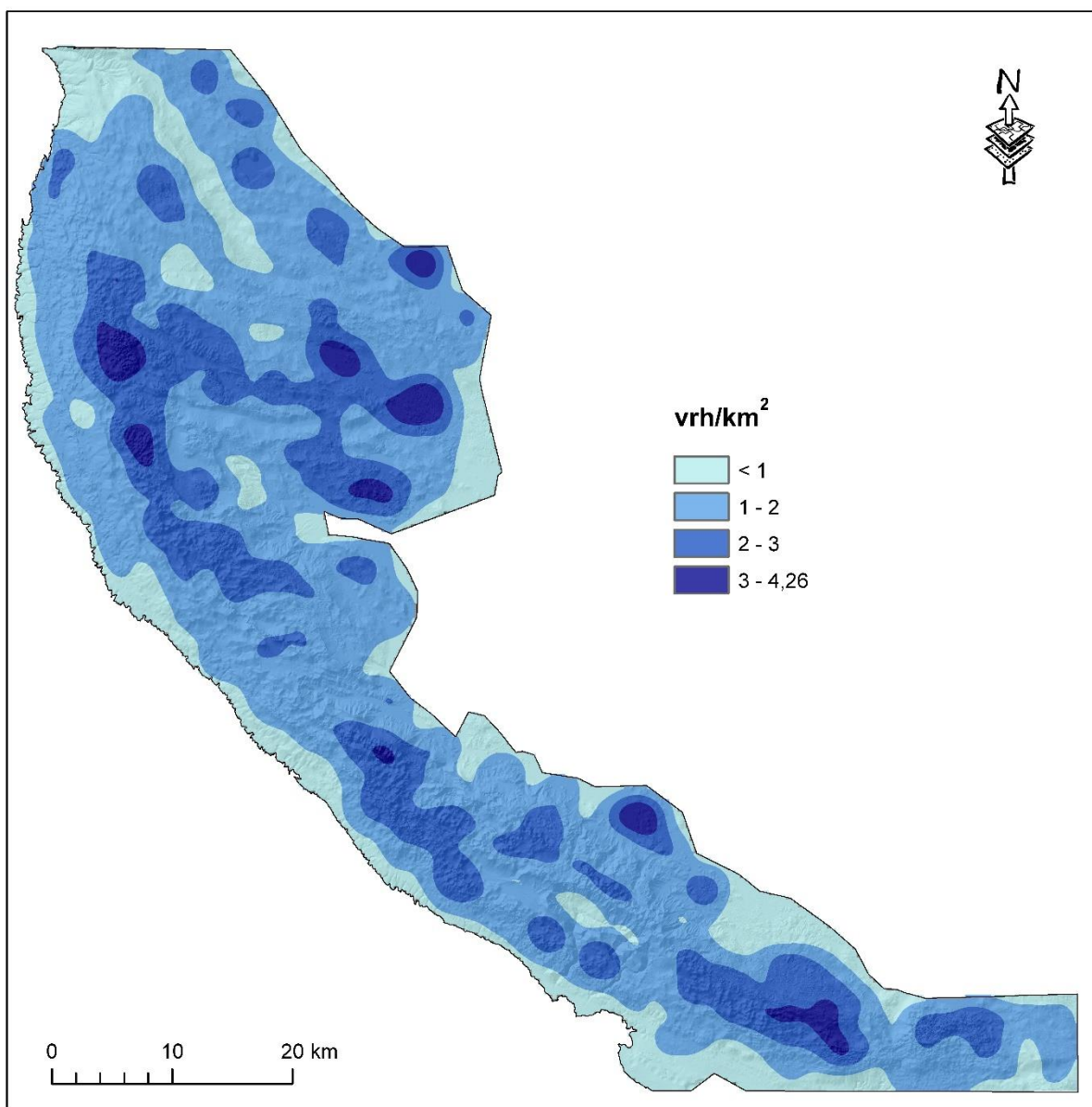
U svrhu prikazivanja odnosa među vrhovima, a posljedično potencijalnom prostornom regionalizacijom vrhova na temelju izoliranosti, izrađuje se graf međusobno povezanih vrhova i sedla, odnosno vrhovi s korelativnim sedlima ijerarhijski seklasificiraju. Pripadnost uzvisine regiji određena je pripadnosti glavnom vrhu, odnosno prostornom blizinom vrhu s najvećom izoliranosti, a korelativno sedlo najnižeg vrha mora biti najniži dio linije koja ih međusobno povezuje (Helman, 2005). Hijerarhija vrhova i sedla (*divide tree*) pokazat će se na primjeru Velebita u sljedećem poglavlju.

#### 4. VRHOVI VELEBITA

Prema analizi, na Velebitu se nalazi 4060 lokalnih vrhova od kojih 7 imaju nadmorsku visinu veću od 1700 metara, što se poklapa s prijašnjim istraživanjima (Perica, 1998). Smanjujući nadmorsku visinu do izražaja dolazi programsko računanje i shvaćanje svakog lokalnog maksimuma kao topografski izražen vrh. Suprotno izdvajanju vrhova temeljem topografskih karata (Perica, 1998), GIS lociranje i računanje vrha na temelju digitalnog modela reljefa odrađuje se analizama susjedstva, s kojima se identificiraju ćelije s najvećom nadmorskom visinom u definiranom susjedstvu. Takvo je računanje ovisno o rezoluciji ćelija i definiranju veličine susjedstva. U Winpromu se analiza temeljila na modelu reljefa rezolucije 30 metara gdje jedna ćelija obuhvaća 900 m<sup>2</sup>, a susjedstvo je definirano 3x3 matricom, odnosno površinom od 7,3 km<sup>2</sup>. Na taj način analiza navodi 264 vrhova s većom nadmorskom visinom od 1500 metara, a Perica (1998) 66. To je posljedica lociranja i računanja vrha na temelju analiza susjedstva. Međutim, s obzirom na mogućnost neizbježnih greški, na činjenicu da grebeni na nadmorskoj visini većoj od 1500 metara mogu biti raščlanjeniji ovisno o egzogenim procesima čime se povećava broj lokalnih vrhova, ali i na temu ovoga rada čiji je cilj relativiziranje dosadašnjih kvantiteta vrhova rezultirajući realnijoj percepciji lokalnih vrhova poput lokalnih 264 iznad 1500 metara nadmorske visine, ulazni su podaci istraživanja u potpunosti opravdani. Dapače, u svrhu relativiziranja nadmorskih visina kao glavnih, do sada i jedinih mjerenja vrha, veći broj lokalnih vrhova preduvjet je kvalitetnijoj analizi.

Gustoća vrhova (Sl. 4) najmanja je u zaobalnom, području najvećih dolina i na ličkoj padini, a najveća na masivu Sjevernog Velebita, te na pravcima uzdužnim s eminentnim grebenima. Njihovo pružanje određeno je strukturno-tektonskim značajkama, ali njihov raspored hipsometrijskim razredom kao preduvjetom intenzivnijih egzogenih procesa.

Sljedeća dva područja su područja Panoge i Čelinke s malom širinom najvećeg razreda. Preostala područja najveće gustoće, ličke padine i zaravnjena područja Like imaju veliku gustoću vrhova zbog njihovog programskog računanja. Treći razred na prostoru Melničko-kuterevskog pobrđa prikazuje 4 zasebna područja - naselja Rapain Klanac, Brlog, prostor Hrvatskog polja i Švičko jezero, također posljedica programskog računanja zbog čega bi se Melničko-kuterevsko pobrđe trebalo svrstati u drugi razred. Granice razreda najmanje gustoće prikazuju pružanje pedimenata, jarugama diseciranih priobalnih zaravnjenih područja i većih dolina.



Sl. 4 Gustoća vrhova Gorskog masiva Velebita

## 5. RELJEFNA IZOLIRANOST VRHOVA GORSKOG HRPTA - MASIVA VELEBITA

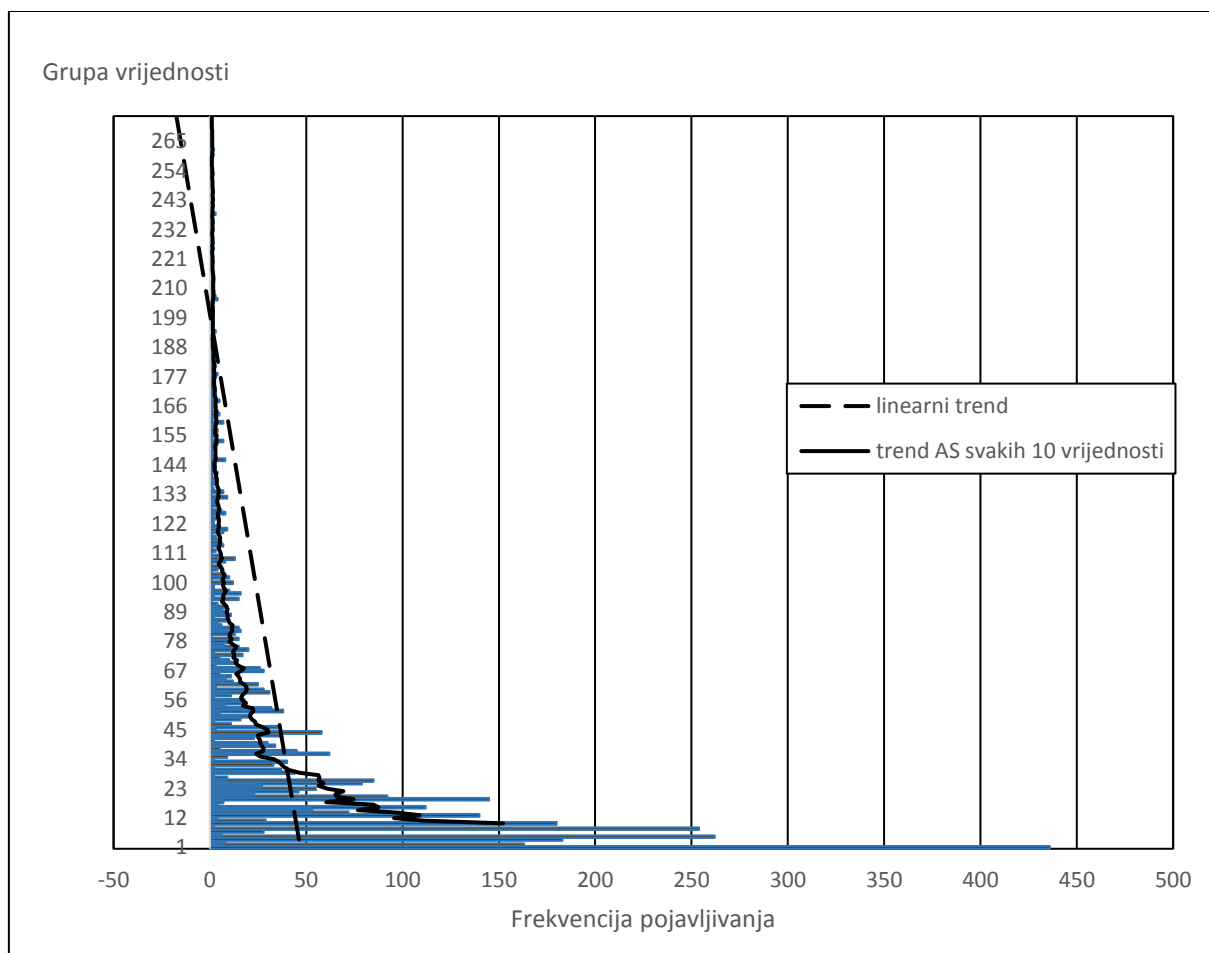
### 5.1. RELJEFNA IZOLIRANOST

Najveća izoliranost je nadmorska visina Vaganskog vrha izračunata programom – 1743 m. Statistički pokazatelji reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita (Tab. 3) definiraju leptokurtičnu raspodjelu s izrazitom desnom asimetrijom i raspršenim podacima. Ona je definirana prirodom podataka, odnosno relativnim odnosom vrhova, ali i izrazitom količinom podataka zbog čega bi i postignuta homogenost bila upitna. Zbog nenormalne podjele podataka, u analizama korelacija i regresije korišteni su neparametrijski testovi. U Tab. 3 izdvojeni su statistički pokazatelji raspodjele podataka. Koeficijent varijabilnosti se kao i koeficijent kvartilne devijacije smanjio za pola izdvajanjem većih vrhova, međutim, ni tada nije postignuta homogenost podataka. Unimodalnost podjele osigurava relevantnost gustoće manjih vrijednosti te istaknutih visokih vrijednosti koje su odredile izdvajanje tzv. velikih vrhova u geomorfološkom kartiranju. Nakon izdvajanja prvih 116 vrhova, svi statistički pokazatelji i dalje ukazuju na nenormalnost i leptokurtičnost raspodjele te izrazitu asimetriju, a time se i zaključuje izrazita važnost najveće vrijednosti na normalnost raspodjele i važnost moda u interpretaciji podataka.

Tab. 3 Deskriptivni statistički pokazatelji svih i izabranih vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Broj vrhova	4060	116
Aritmetička sredina	18,52	179,66
Standardna devijacija	43,893	171,593
Medijan	7	138
Mod	0,9	106
Skewnness	18	7
Kurtosis	617	61
1. kvartil	0,9	106,7
3. kvartil	20	249,9
Koeficijent varijabilnost	237	95,5

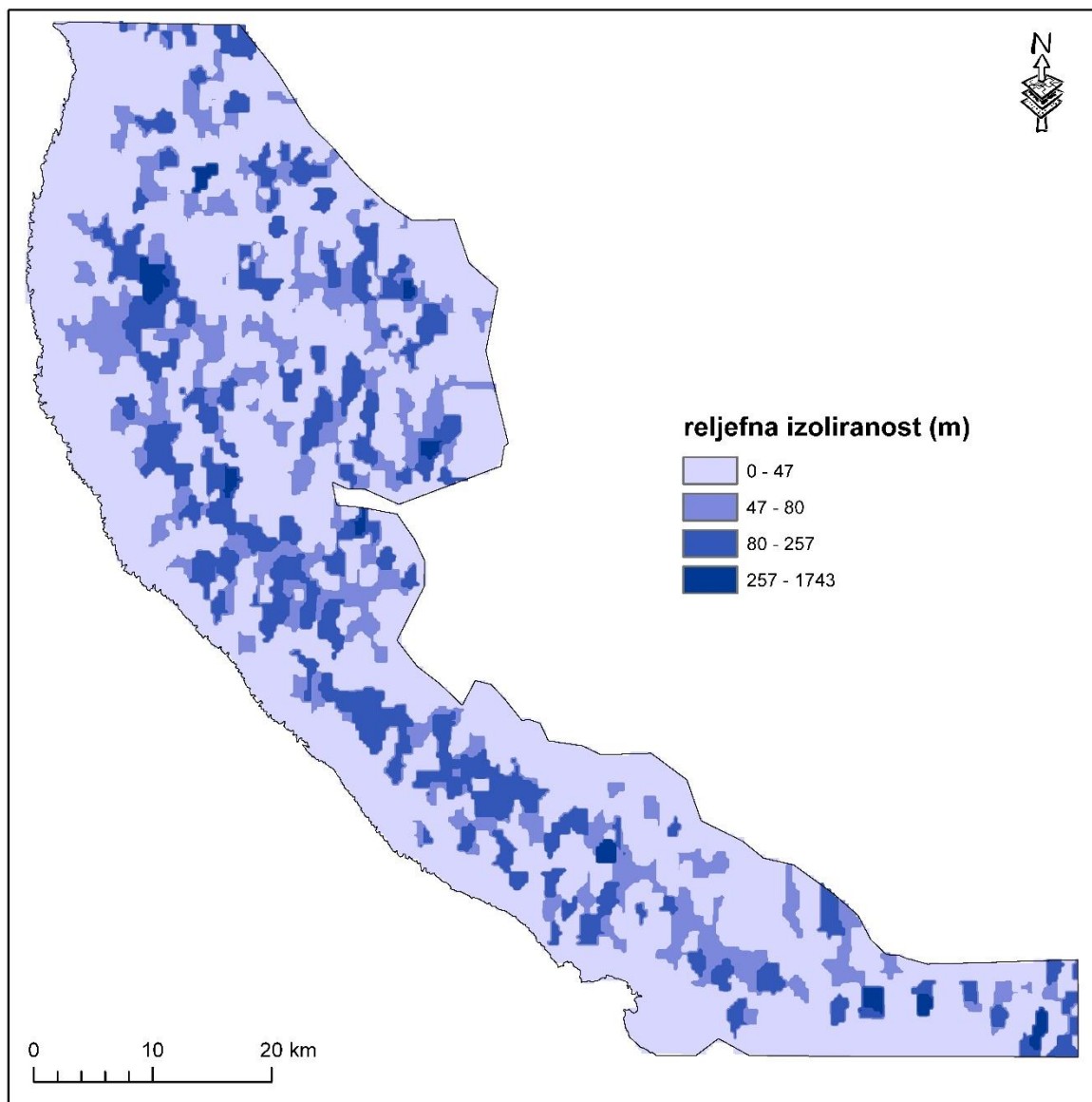
Koeficijent kvartilne devijacije	0,9	0,2
----------------------------------	-----	-----



Sl. 5 Grupe vrijednosti i frekvencije ponavljanja vrijednosti reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

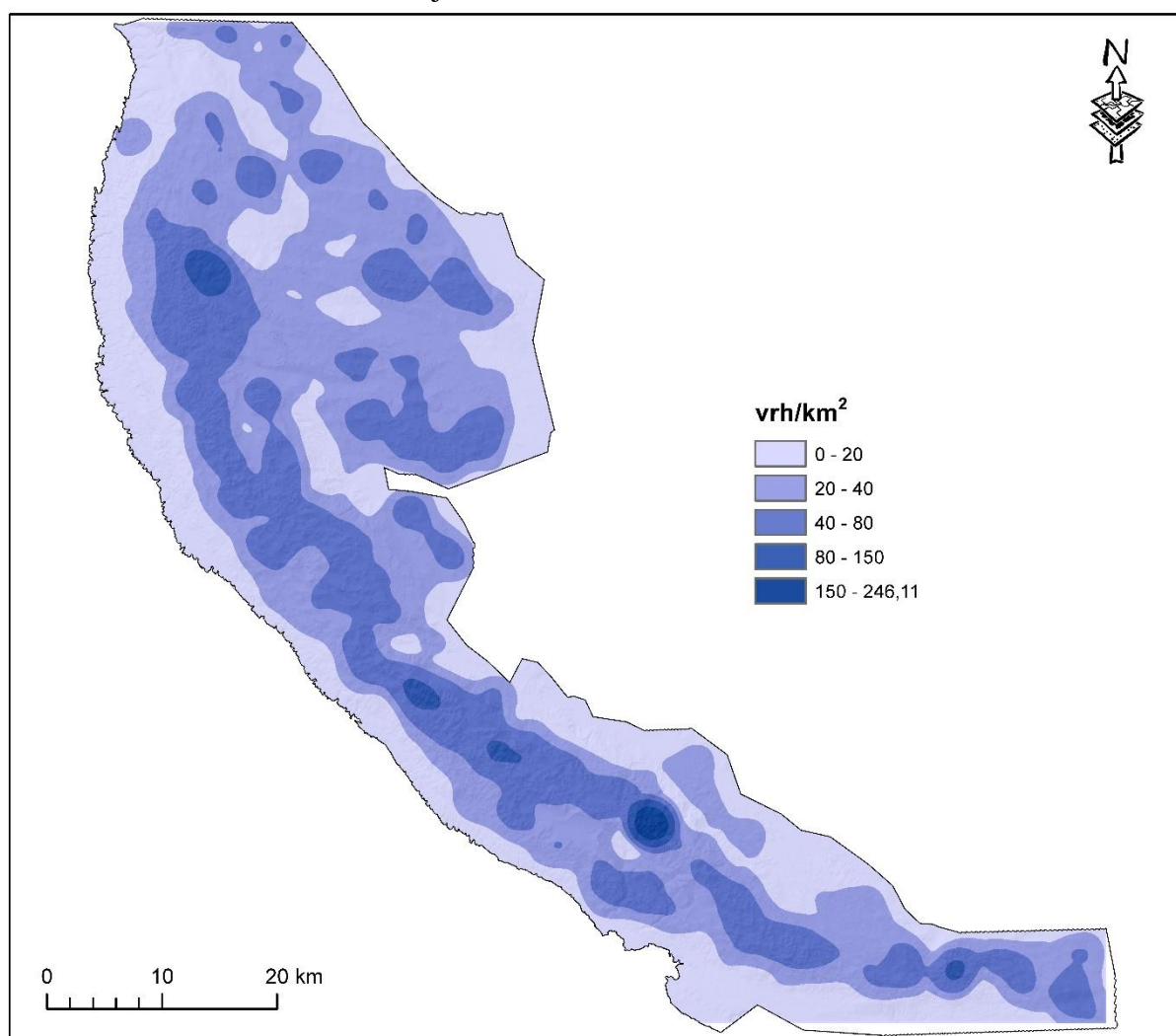
Frekvencija pojavljivanja grupa vrijednosti reljefne izoliranosti (Sl.5) grafički je prikaz njenih statističkih obilježja. Osim pojedinih grupa koje odskakuju od susjednih vrijednosti, generalni trend pokazuje izrazito smanjenje frekvencije pojavljivanja viših vrijednosti. Prva, najmanja i najčešća vrijednost od 1 m pojavljuje se u 14,7% slučajeva, isto koliko i zadnjih 197 grupa. Druga vrijednost prema frekvenciji pojavljivanja je 2 metra sa 3,4% manjom frekvencijom od modas kojim zajedno čini  $\frac{1}{4}$  svih grupa vrijednosti, čime je dobro opisana mjera zaobljenosti. Toliko izrazita desna asimetrija pokazatelj je negativnog linearnog trenda koji se ne mijenja ni izračunavanjem aritmetičkih sredina svakih deset vrijednosti.

Kartografski su reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita prikazane generalizacijom razreda jer interpolacija ekstremnih vrijednosti točkastoga sloja to i zahtijeva (Sl.6). Interpolirane su metodom obrnutih težišnih vrijednosti (*eng. IDW – Inverse Distance Weighted*), gdje se vrijednosti ponderiraju blizinom i izrazom susjednih vrijednosti, a dok je prvi razred određen desetim percentilom, preostali su podijeljeni na dva razreda prema središnjoj i krajnjoj vrijednosti izdvojenih izoliranih vrhova. 73,4% površine zauzima prvi razred, koji se, osim u graničnim područjima, nalazi i u području granica strukturno-geomorfoloških regija, zavalu, dolina i zaravnjenoga reljefa. Središnja dva razreda zauzimaju 25,5% površine, najčešće u prostoru istaknutijih struktura okruženih prvim razredom. Prosječne nadmorske visine su 930 i 980 metara, a prema izrazima vertikalnih raščlanjenosti pripadaju izrazito raščlanjenom reljefu (250 – 280 m/km<sup>2</sup>). Obuhvaćaju sve vrhove i pripadajuće uzvisine na višim i raščlanjenijim područjima koja okružuju istaknute izolirane vrhove. U slučajevima gdje se predzadnji i zadnji razred direktno nastavljaju na prvi, možemo očekivati zaravnjeniji reljef, blage padine ili lokalne vrhove posljedice podjednakog utjecaja endogenih i egzogenih procesa.



Sl. 6 Reljefna izoliranost gorskog hrpta - masiva Velebita

Kartografski prikaz utjecaja na vrhove prikazan je reljefnom izoliranosti ponderiranom gustoćom vrhova (Sl. 7), gdje karta daje pregledniji uvid u orografiju Velebita i bolju korelaciju orografije i reljefne izoliranosti vrhova. Klasifikacija je izrađena prema standardnim devijacijama, a prosječna iznosi 30 vrha/km<sup>2</sup>. Gustoće su koncentrirane prema gravitacijskim područjima najizoliranijih vrhova, dok „otoci“ s manjom izoliranosti prikazuju njihov lokalni utjecaj. Iz prosječnih vrijednosti na prostoru Srednjeg Velebita vidljivo je pružanje glavnog hrpta, arealno širenje gravitacije Malog Rajinca prikazuje obilježje masiva, a manje vrijednosti s izoliranim otocima na istočnoj strani progresivno spuštanje reljefa blaže, ličke padine i izolirane, najviše vrhove lokalnih orografskih struktura. Primorska padina obilježena je manjim izoliranostima s vrlo velikim brojem vrhova čija se nadmorska visina (u ovom slučaju i izoliranost) povećava prema jugu. Primjeri su vrhovi u blizini Vaganskog vrha i Golića - Obljak, Jovinov kuk, Zvirjak, Bojin kuk, Vidakov kuk i Vitrenik s reljefnom izoliranosti iznad

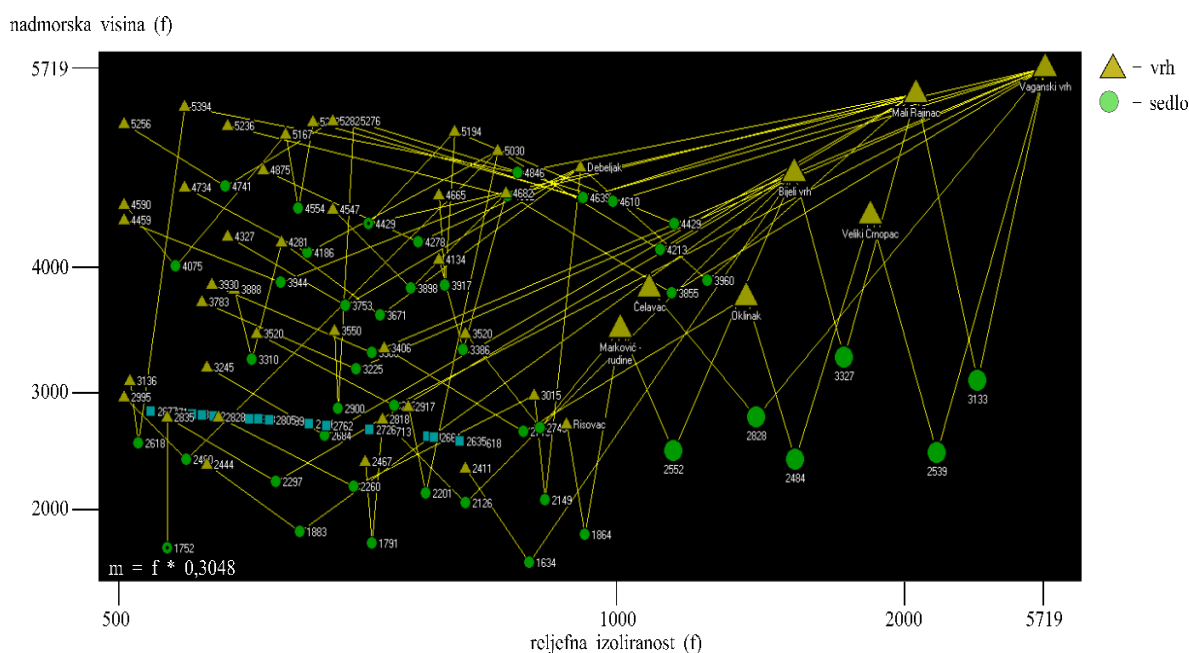


Sl. 7 Reljefnom izoliranosti ponderirana gustoća vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

100, također predstavnici pedimenata Južnog Velebita (Bognar, 1992). Veća izoliranost uvjetovana je većom energijom reljefa, posebice povezana s dolinama Male i Velike Paklenice zbog čijeg se relativnog snižavanja snižavaju i nadmorske visine sedla. Veliki Crnopac i Čelavac, iako zračnom udaljenosti odvojeni 4 km, imaju izrazito veliku izoliranost. Veliki Crnopac sa 600 m izoliranosti predstavlja i najizoliraniji vrh analiziranoga dijela II Velebita, stoga ima i veću izoliranost dok je Čelavac u određenoj mjeri podređen Vaganskom vrhu. Izdvojena posebnost karte je granica geomorfoloških regija Južnog i Jugoistočnog Velebita, dominantno uvjetovano blizinom dvaju izoliranija vrha.

## 5.2. STATISTIČKI OPIS RELJEFNE IZOLIRANOSTI

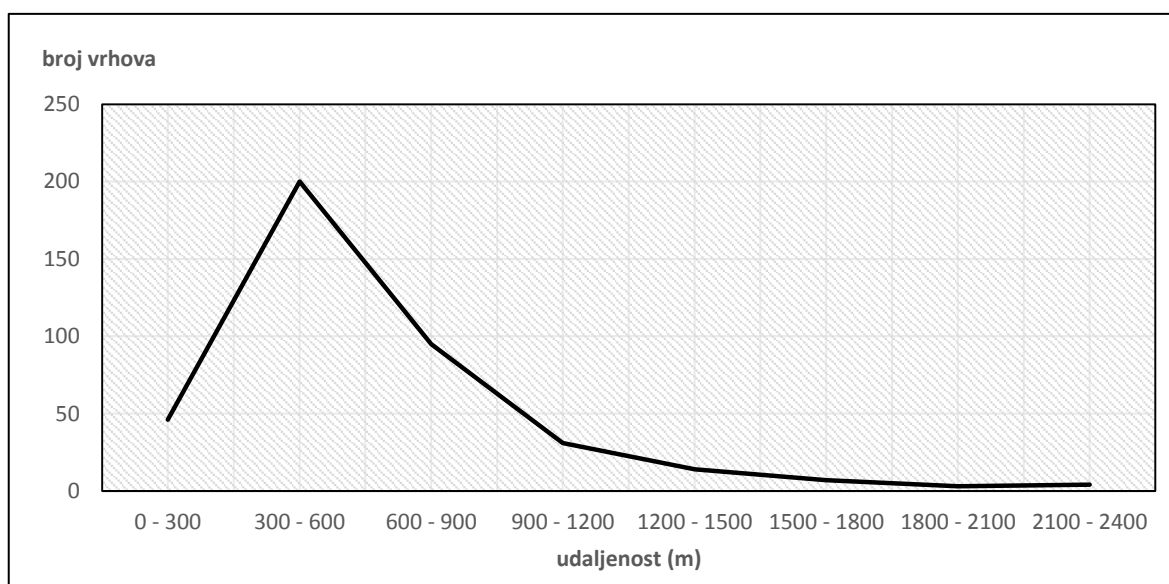
Hijerarhija izabranih vrhova i sedla gorskog hrpta - masiva Velebita (*Divide tree*) prikazana je na Sl.8. Razlog manjem broju prikazanih vrhova je u preglednosti dijagrama, čime su se izdvojili vrhovi s reljefnom izoliranosti većom od 150 metara. U topološkim bi nacrtima sedla prikazivala čvorišta prema kojima se vode putevi. Primjerice, iz Vaganskog vrha se razaznaju tri glavna puta: prema masivu Crnopca na II Velebitu, prema masivu Malog Rajinca na Sjevernom Velebitu te na kraj grebena Južnog Velebita, točnije na Čelavac. Put se iz Velikog Crnopca dalje nastavlja prema manje izoliranim vrhovima na kraju analiziranog dijela Jugoistočnog Velebita, završavajući u Paripovcu.



Sl. 8 Hijerarhija izabranih vrhova i sedla gorskog hrpta - masiva Velebita



Primjena prethodno analizirane hijerarhije je u grafičkom prikazivanju međusobnih odnosa vrhova i sedla iz čega se može očitati nadmorska visina, reljefna izoliranost, sljedeći i odredišni vrh te komparativno zaključiti međusobne razlike. Vrijednosti izoliranosti sedla rastu s vrijednostima izoliranosti korelativnih vrhova, posebice u zadnjem percentilu. Važnost takve povezanosti je u funkciji izoliranosti u geomorfološkom istraživanju, odnosno u proučavanju vrha i njegove regionalne važnosti i reprezentativnosti. Povezano s reprezentativnosti, neovisnost izračuna o udaljenosti vrha i sedla je element rasprave. Kao posljedica strukturno-tektonske aktivnosti i značajki terena u konformnim strukturama, prostorno bliža sedla važan su faktor u interpretaciji morfoevolucije u lokalnim mjerilima. S obzirom na prostorni obuhvat ovoga rada, smatra se da je glavni odgovorni strukturni element za formiranje Velebita istoimeni rasjed regionalnog karaktera, zbog čega se u interpretaciji reljefne izoliranosti kao faktora strukturno-geomorfoloških značajki analiziraju vrhovi i sedla s najvećom izoliranosti. Također, u usporedbi dvaju ili više susjednih vrhova važno je izračunati proporcionalnu izoliranost. Suprotno tome, u analizi međusobne povezanosti vrhova i sedla, izoliranost je irelevantna jer njene vrijednosti različitih i



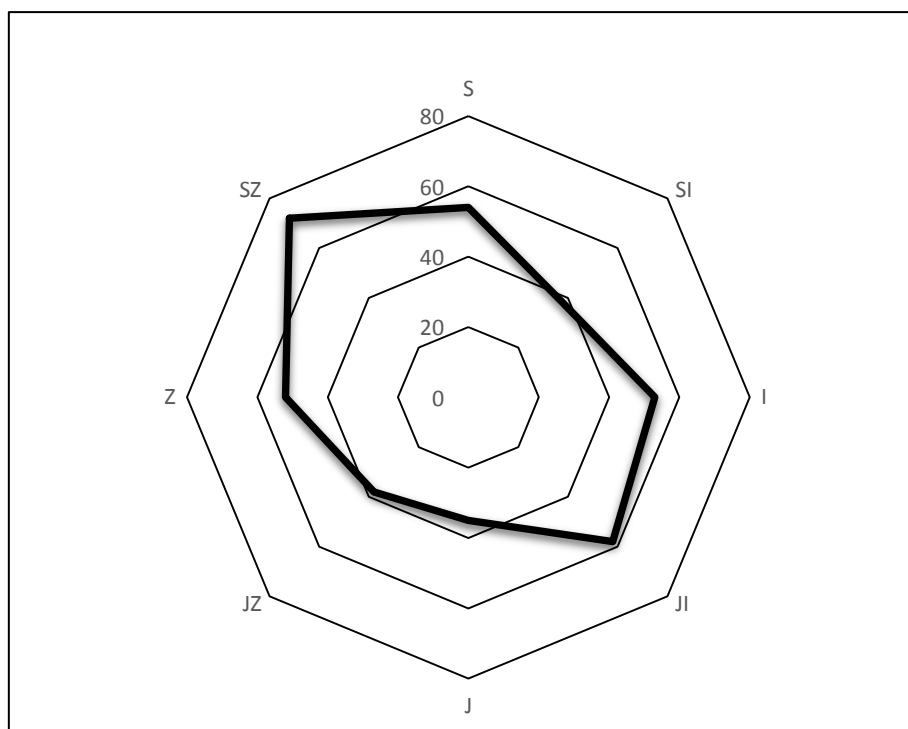
Sl. 9 Najmanja udaljenost prvih 400 vrhova i sedla gorskog hrpta - masiva Velebita prema reljefnoj izoliranosti

susjednih topografskih elemenata ne ovise o prostornoj blizini. Stoga se za njihovu komparaciju te ispunjavanje komponente prostorne blizine analizirala međusobna blizina i smjer povezivanja.

Prosječna udaljenost vrha od najbližeg sedla iznosi 612 metara, a 50% njih je udaljeno 300 – 600 metara (Sl. 9). Prevladavanje vrhova u drugome razredu (300-600 m) pokazatelj je i strukturne razlomljenosti orografskih oblika te mogućnosti nastavka

strukturne regionalizacije na lokalnu razinu poput izdvajanja glavica kao manje strukturne blokove (Bognar i dr., 1991).

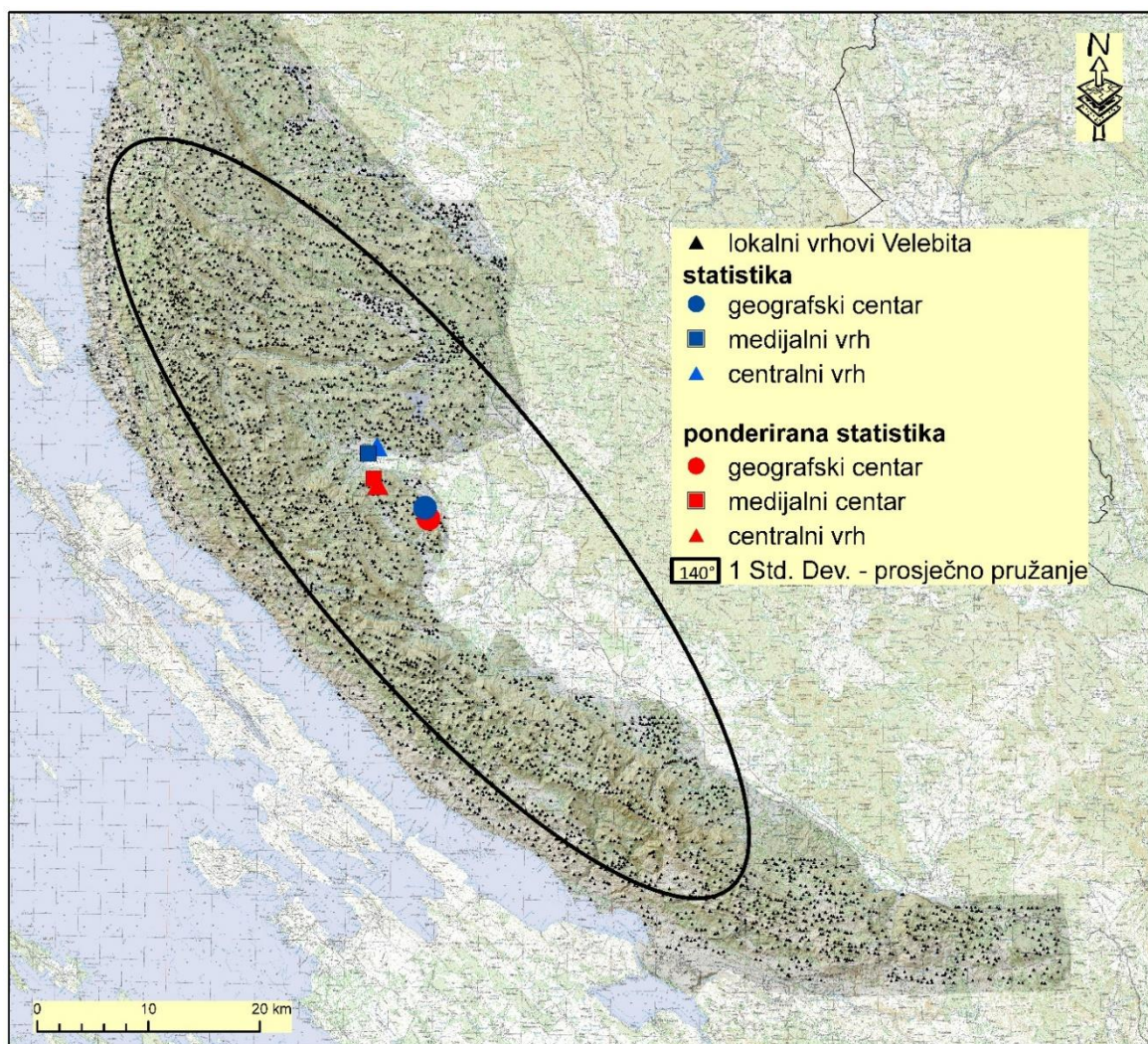
Najčešći smjer povezivanja vrhova s najbližim sedlima je dinarski smjer (Sl. 10). Očekivani rezultati posljedica su pružanja hrpta Velebita, odnosno pokazatelji ovisnosti reljefne izoliranosti o strukturno-tektonskim značajkama i otpornosti na egzogene procese.



Sl. 10 Smjer najmanjih udaljenosti prvih 400 vrhova i sedla gorskog hrpta - masiva Velebita prema reljefnoj izoliranosti

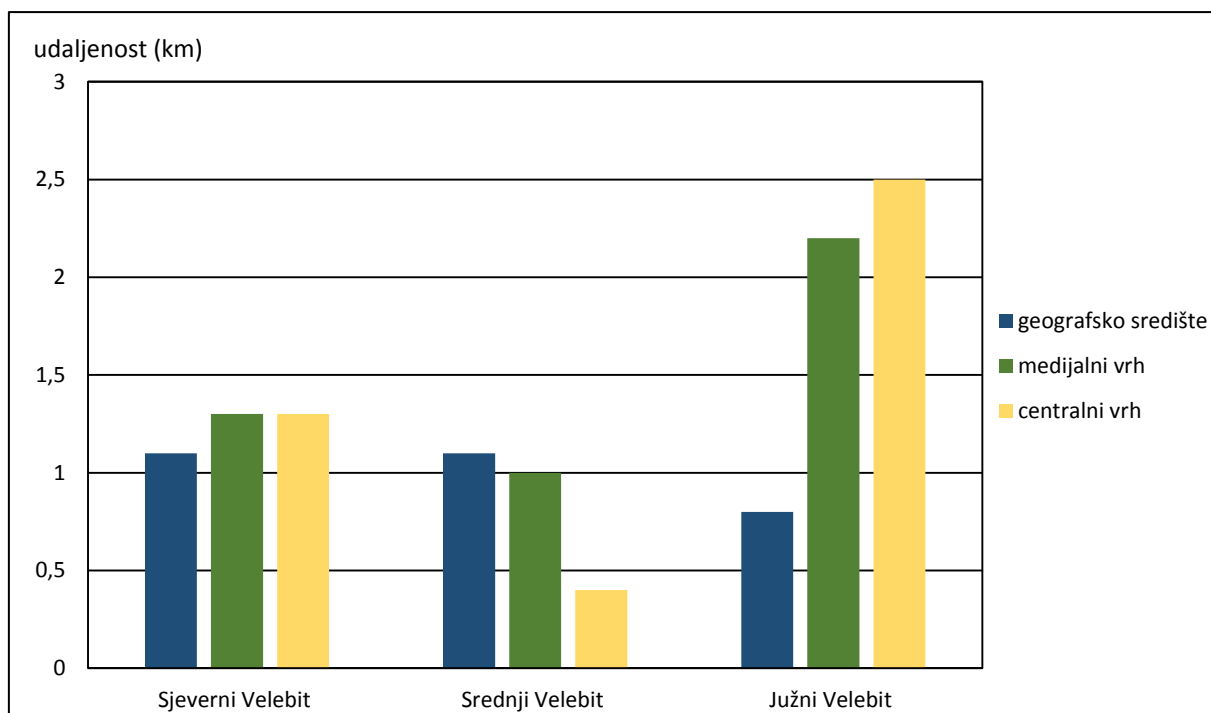
Radi postavljanja objekata u prostorni odnos, korištene su funkcije prostorne statistike. One uključuju geografski, medijalni i centralni vrh, određivanje 68,7% vrhova odnosno, vrijednosti unutar jedne standardne devijacije te njihovo prosječno pružanje u svrhu definiranja utjecaja i načina prepoznavanja strukturno-tektonskih značajki. Vrijednost prostorne statistike je u optimalnijem predočavanju statističkih obilježja te lakšoj i kvalitetnijoj interpretacijom. Geografski centar ili centar koncentracije je točka s novim, centralnim koordinatama ulaznih vrijednosti, medijalni vrh ima najkraću euklidsku udaljenost prema svim ulaznim vrijednostima, dok centralni vrh predstavlja kumulativno najbliži vrh svim ostalim vrhovima. Ponderiranjem prostorne statistike s reljefnom izoliranosti (Sl. 11), Bužimsko pobrđe s iznadprosječnom izoliranosti od 24 m poprima obilježje centralne orografije Velebita. Visibaba postaje kumulativno najbliži vrh Velebita, istočne padine prema Ličkom polju geografski centar, a južne padine zapadnog dijela Crne

kose medijalni centar. Iz odnosa s prostornom statistikom bez ponderiranja očit je utjecaj izoliranosti Vaganskog vrha na gravitiranje statistike prema jugu. Prosječno je pružanje vrhova dinarskoga smjera ( $140^{\circ}$ - $320^{\circ}$ ) i odgovara trenutnom vektoru stresa Jadranske mikroploče. Smjer stresa prethodan neotektonskoj etapi bio je sjevernijeg azimuta, a kinematičke promjene odnose se na granična područja Vanjskih Dinarida i Epiadrijatika (Mihljević, 1995), koji navodi nelogičan nastavak SI padina spram JZ padina Sjevernog Velebita kao dokaz ograničenosti utjecaja kinematskih pokreta na Velebitski rasjed. Daljnji je utjecaj reljefno vidljiv u kontaktnim rasjedima pružanjem istočno od Velebitskog rasjeda, kao npr. udolina Bakovica. Utjecaj pondera na različitost generalnog pružanja je neznatan ( $< 1^{\circ}$ ).



Sl. 11 Neponderirana i reljefnom izoliranosti ponderirana prostorna statistika vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Regionalne razlike parametara prostorne statistike (Sl.12) ukazuju na različiti utjecaj reljefne izoliranosti, primarno diferenciran temeljem njihovih morfoloških razlika. Masivi Sjevernog i Srednjeg Velebita imaju manje razlike između neponderiranih i ponderiranih funkcija prostorne statistike od grebena Južnog Velebita, čije linearno pružanje omogućuje i prostorno dužu distribuciju vrhova. Vaganski vrh predstavlja centralni vrh, a s obzirom na najveću razliku uzrokovanu ponderiranjem, funkcija centralnoga vrha je komparativno pod njegovim najvećim utjecajem. Međutim, unatoč linearnosti, velike su razlike očite između udaljenosti centralnih vrhova i geografskih centara Južnog Velebita, uzrokovane ovisnosti funkcije od pondera. S obzirom na najveću razliku u udaljenosti i najveću promjenu azimuta prema prosječnom pružanju te činjenici da je Vaganski vrh ponderirani centralni vrh Južnog Velebita, funkcija centralnoga vrha postaje najosjetljivija na ponder. Međutim, ovisnost o ponderu se djelomično smanjuje jer izlazna vrijednost centralnog vrha mora biti jedna od ulaznih, dok u preostalima ne moraju. Stoga, udaljenost medijalnih vrhova zapravo najbolje predstavlja izraz utjecaja pondera na prostornu statistiku Južnog Velebita. Također je potrebno napomenuti da su sve tri funkcije locirane na grebenu Vaganskoga vrha. Manje udaljenosti funkcija prostorne statistike na Sjevernom i Srednjem Velebitu su, suprotno Južnom Velebitu, definirane obilježjima masiva. Među navedenim funkcijama, jedinu veliku razliku predstavlja razlika u centralnim vrhovima Srednjega Velebita, također definirana izlaznim vrijednostima funkcije.

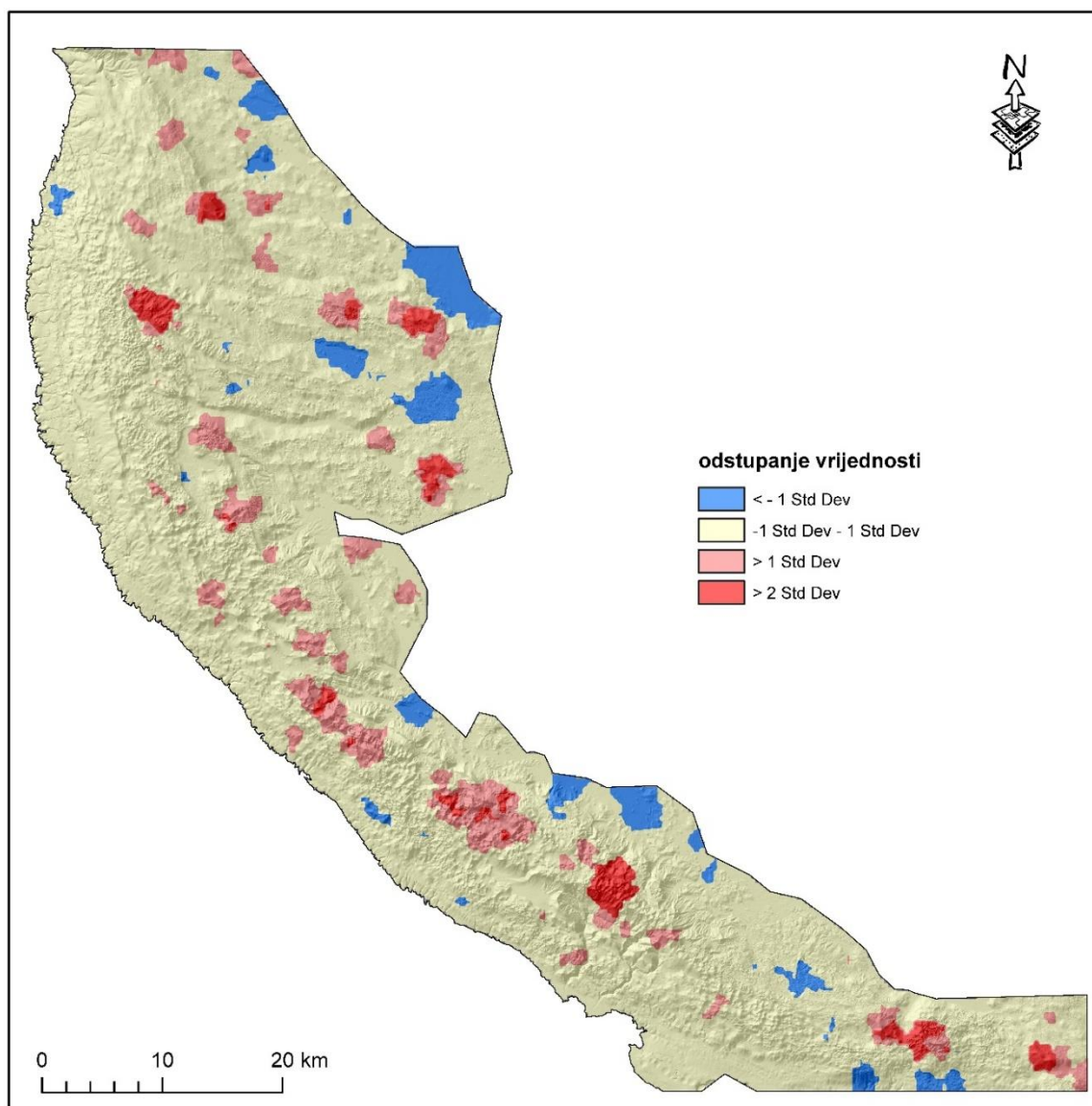


Sl. 12 Razlike u udaljenosti među neponderiranim i reljefnom izoliranosti ponderiranim funkcijama prostorne statistike vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita



Azimuti među ponderiranim i neponderiranim funkcijama slični su pokazatelj utjecaja pondera na prostornu statistiku kao i njihove udaljenosti. Najveća je razlika između prosječnoga pružanja i prosječnog azimuta razlike na Južnom Velebitu, zbog čega se izraz utjecaja reljefne izoliranosti na prostornu statistiku ne povećava samo razmještajem već i samim izrazom reljefne izoliranosti.

Osim relativiziranja nadmorskih visina, potrebno je relativizirati vrijednosti reljefnih izoliranosti vrhova u svrhu izdvajanja važnijih skupina vrhova, odnosno reprezentativnih i referentnih skupina proučavanja. U analizi izdvajanja reprezentativnih skupina potrebna je velika izoliranost međusobno bližih vrhova. Samostalni vrh s visokom izoliranosti nije nužno važan u interpretaciji na razini cijeloga Velebita jer može biti posljedica relativno zaravnjenog reljefa svoje okolice, ali može biti izrazito bitan za strukturno-geomorfološku interpretaciju s obzirom na to da pojedini izolirani vrhovi mogu predstavljati zaseban strukturni blok, a time i dati obilježje regionalne tektonske razmrvljenosti. Međutim, veći broj izoliranih vrhova može biti referentna skupina jer je posljedica intenzivnijih genetskih procesa. Suprotno visokim vrijednostima, skupine manjih vrijednosti nisu relevantni pokazatelji izolacije vrhova, već kroz posredničku ulogu mogu utjecati na njihov proces. Najveći broj vrhova Velebita nalazi se unutar jedne standardne udaljenosti od prosječne vrijednosti (Sl. 13). Prostiru se cijelim Velebitom, neovisno o morfometrijskim ili morfološkim obilježjima zbog čega nisu, kao takvi, interpretativno važni. Razred najnižih vrijednosti većinom je povezan za morfološki zaravnjena područja poput (rubnih) polja, uvala, a djelomično se nalazi i u udolinama. Nezavisni su od nadmorskih visina, pa su moguće pojave skupina na različitim nadmorskim visinama, ali najčešća vertikalna raščlanjenost pripada razredu slabo raščlanjenih ravnica (Tab. 4). Prvi razred viših vrijednosti morfološki je vezan za uzvišenja i rijetko se nalaze na nižim morfometrijskim vrijednostima čijim povećavanjem postupno prelazi u drugi, razred najviših vrijednosti.



Sl. 13 Odstupanje vrijednosti reljefne izoliranosti od aritmetičke sredine vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Tab. 4 Statistički pokazatelji razreda odstupanja reljefne izoliranosti od aritmetičke sredine vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

razred	najčešća vertikalna rašlanjenost (m/km <sup>2</sup> )	najčešća nadmorska visina (m)
< -1 Std Dev	13	452
- 1 Std Dev – 1 Std Dev	230	574
> 1 Std Dev	247	565
> 2 Std Dev	256	735

U skupinama najvišeg razreda izdvajaju se sljedeći vrhovi: Bijeli vrh, Mali Rajinac, Korenski vrh, Marković Rudina, Debeljak, Risovac, Siljevača, Vaganski vrh, Debeljak, Veliki Crnopac i Oklinak. Navedeni vrhovi osnovni su razlog izdvajanja razreda i statistički su reprezentativni u proučavanju reljefne izoliranosti.

### 5.3. KORELACIJA S MORFOMETRIJOM

Statistička povezanost reljefnih izoliranosti i nadmorskih visina svih vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita prema Spearman-u iznosi 0,281, dok se odabirom vrhova s izoliranošću većom od 100 koeficijent korelacije dodatno smanjuje. Razlog je veća razlika nadmorske visine sedla i srednje razine mora, a većinsku neovisnost izoliranosti o nadmorskoj visini potvrđuje i statistička nevažnost daljnje korelacije. Osim statističke nepovezanosti ili barem neznatne povezanosti, koeficijent determinacije ( $R^2$ ) iznosi 0,11 zbog čega se izoliranost karakterizira kao neovisna varijabla. Prosječno je za 880 metara manja od pripadajuće nadmorske visine, a razlike se mijenjaju jednačbom:

$$y = 0,0658x - 1015$$

Neznatne ili nikakve povezanosti reljefne izoliranosti s nadmorskim visinama deriviranim iz različitih izvora podataka (Tab. 5) potvrđuju pretpostavku o njenoj većinskoj neovisnosti. Međutim, postoji skoro pa funkcionalna povezanost među vrijednostima nadmorskih visina vrhova iz različitih izvora. Iako se tako izrazita korelacija samo djelomično očekivala, ona je potvrdila visoku kvalitetu računanja nadmorskih visina i reljefnih izoliranosti u Winprom-u unatoč slabijoj rezoluciji modela reljefa. Usporedbom zbrojeva svih vrijednosti nadmorskih visina iz pojedinih modela reljefa s onima na topografskim kartama, 99,1% zbroja iz DEM10, tj. 98,5% iz SRTM1, opisuje zbroj vrijednosti na topografskim kartama.

Tab. 5 Korelacija reljefne izoliranosti i nadmorskih visina izabranih vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita iz različitih izvora

	reljefna izoliranost	nadmorska visina s topografskih karata (TK25)	nadmorska visina s DEM10	nadmorska visina sa SRTM1
reljefna izoliranost	1	0,195	0,188	0,186
nadmorska visina s topografskih karata	0,195	1	0,86	0,86
nadmorska visina s DEM10	0,188	0,86	1	0,99
nadmorska visina sa SRTM1	0,186	0,86	0,99	1

Međutim, povezanost reljefne izoliranosti i nadmorskih visina povećava se promjenom metodologije. Upotrebom zonalne statistike, prosječne vrijednosti reljefne izoliranosti i njenih vertikalnih raščlanjenosti povećavaju se hipsometrijskim razredom formulom:

$$y = 3,3664x + 3,6402$$

Morfometrijske funkcije u direktnoj su ovisnosti o strukturno-tektonskim značajkama terena. Posebice je to opaženo u odnosu s tektonskom aktivnošću, koja pozitivno utječe na vrijednosti nagiba, vertikalne raščlanjenosti i zakrivljenosti padina te sekundarnih morfometrija. U lokalnim okvirima morfometrijske vrijednosti uvjetuju negativnu korelaciju intenziteta denudacije i akumulacije, dok u regionalnim okvirima pretpostavljaju položaj rasjeda ili pukotina ili njihovih zona te rasjedne aktivnosti (Marković, 1983).

Primarna je morfometrijska funkcija u izučavanju reljefne izoliranosti vertikalna raščlanjenost, razlika u najvećoj i najmanjoj nadmorskoj visini unutar jedinične ćelije (km<sup>2</sup>).

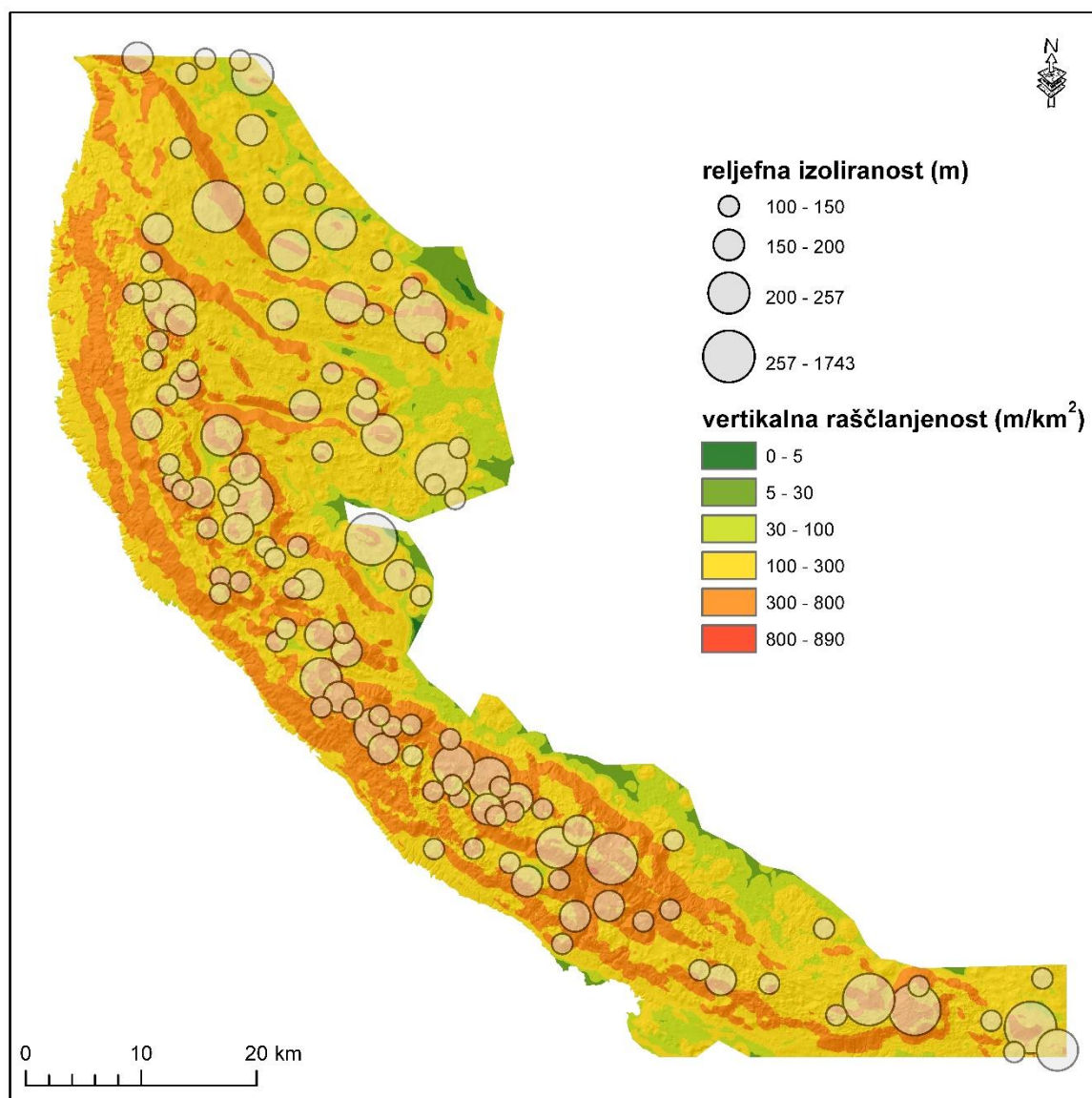
$$\text{Vertikalna raščlanjenost (VR)} = \frac{H_{max}}{H_{min}} \text{ m/km}^2$$



Prema Sl. 14, 88,78% Velebita je umjeren do izrazito raščlanjen reljef što je uzročno-posljedično povezano s preostalim morfometrijskim vrijednostima (hipsometrija, nagib, zakrivljenost padina), geološkom mladosti i tektonskom aktivnosti. Korelacija s reljefnom izoliranosti ne postoji (0, 12), a koeficijent determinacije iznosi 0,01. Statističke vrijednosti rastu smanjivanjem broja podataka, pa je koeficijent korelacije desetoga percentila 0,2, a koeficijent determinacije 0,04. Stoga, u komparativnom smislu se može reći da vrijednosti reljefne izoliranosti rastu s vrijednostima vertikalne raščlanjenosti (Tab. 6). Ipak, svojevrsan dokaz pozitivne korelacije pokazuju prosječne izoliranosti u šest razreda vertikalne raščlanjenosti. Pojavljivanje najveće reljefne izoliranosti u dva razreda posljedica je prostornog preklapanja razreda u Vaganskom vrhu. Usporedba raspona i najveće reljefne izoliranosti pokazuje izrazito variranje u svim razredima što onemogućuje postavljanje prostornih zakonitosti, a ističe važnost prostiranja najmanjih vrijednosti unutar svake orografske strukture.

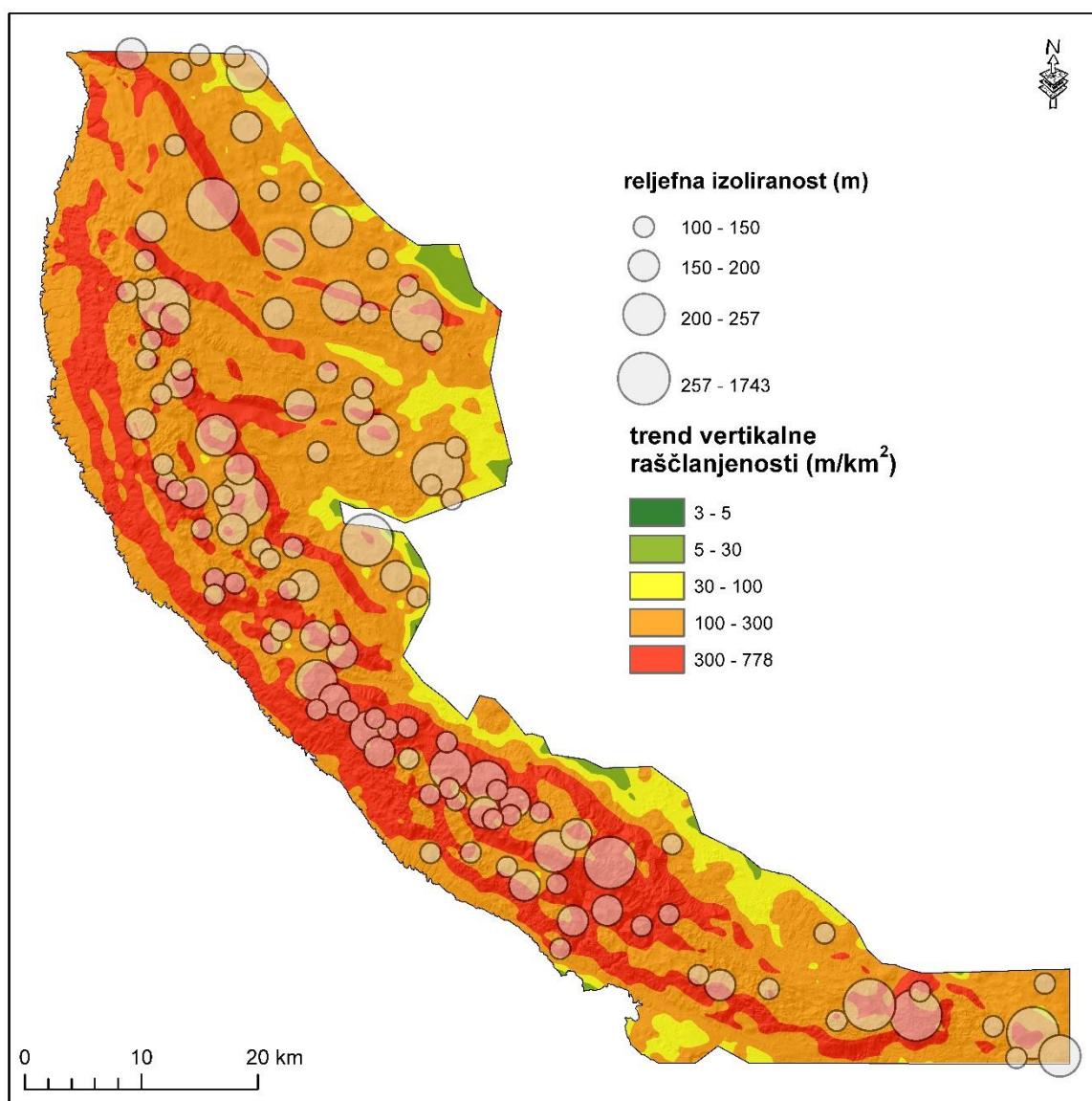
*Tab. 6 Statistički pokazatelji razreda vertikalne raščlanjenosti gorskog hrpta - masiva Velebita*

razred (m/km <sup>2</sup> )	raspon reljefne izoliranosti (m)	najveća reljefna izoliranost (m)	prosječna reljefna izoliranost (m)
< 5	9	10	2
5 – 30	76	77	5
30 – 100	135	135	10
100 – 300	1742	1743	20
300 – 800	1742	1743	25
> 800	39	42	32



Sl. 14 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova i vertikalne raščlanjenosti gorskog hrpta - masiva Velebita

Sekundarna funkcija, derivirana iz vertikalne raščlanjenosti je njen trend (Sl.15). Trend vertikalne raščlanjenosti računa se primjenom *focal statistike* u traženju srednje vrijednosti središnje ćelije u ovisnosti od vrijednosti u okolici od 1km<sup>2</sup>. Izgladeni podatci podređuju intenzitete denudacije i akumulacije regionalnim, endogenim faktorima poput neotektonike ili naknadne magmatske aktivnosti (Marković, 1983). Korelacijski koeficijent trenda i reljefne izoliranosti selekcijom se najizoliranijih vrhova povećava, od 0,16 temeljem svih vrhova do 0,25 temeljem desetoga percentila. Vrijednosti kao takve su statistički nevažne, ali njihov odnos pokazuje pozitivnu korelaciju te pozitivan trend koreliranja varijabli.



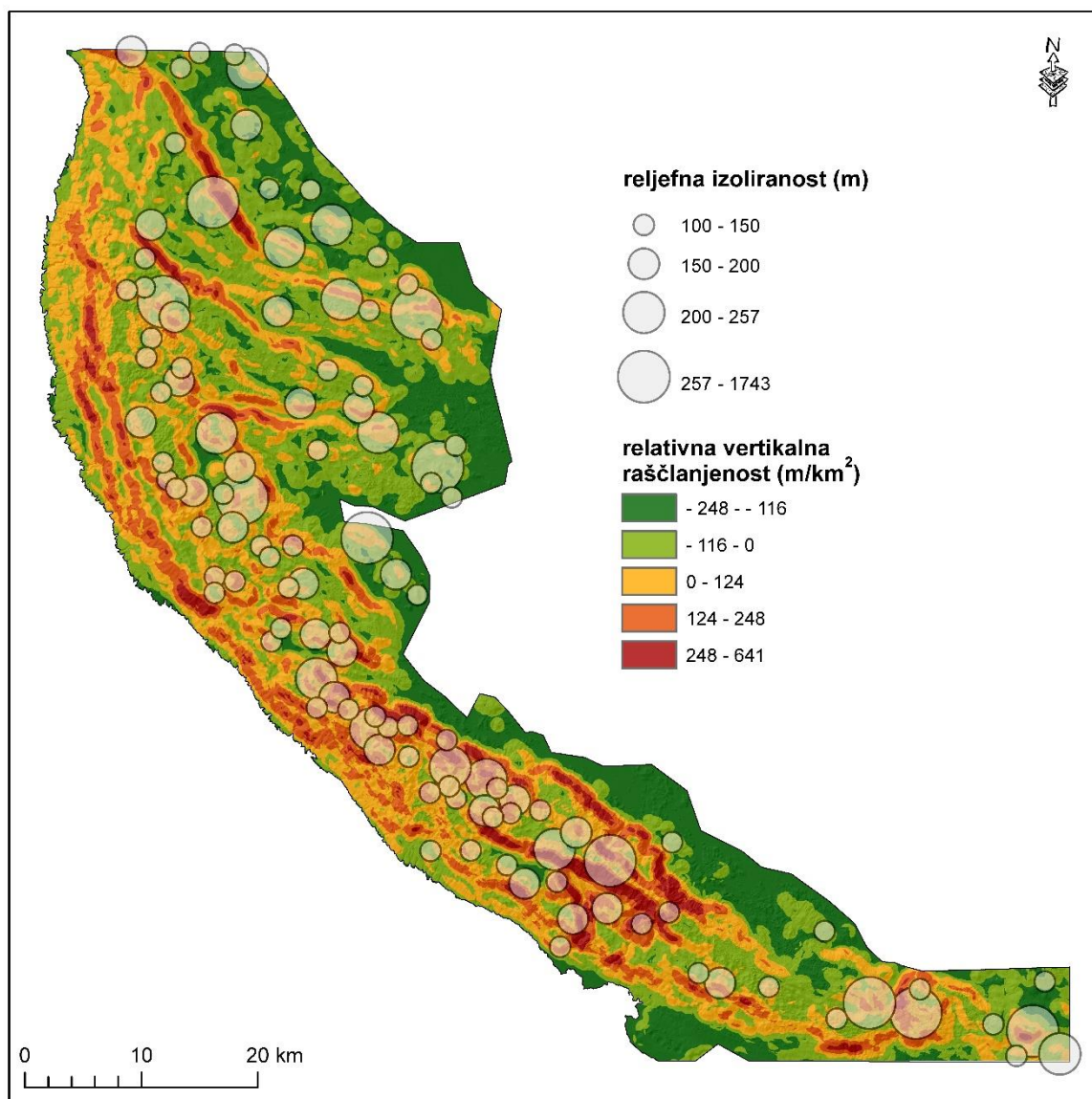
Sl. 15 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova i trenda vertikalne raščlanjenosti gorskog hrpta - masiva Velebita

Odstupanje vrijednosti vertikalne raščlanjenosti od njene aritmetičke sredine (248 m/km<sup>2</sup>) izdvaja prostore relativnog izdizanja (Sl.16), a izraženo je jednačbom:

$$\text{Relativna vertikalna raščlanjenost} = VR - VR_{mean} \text{ m/km}^2$$

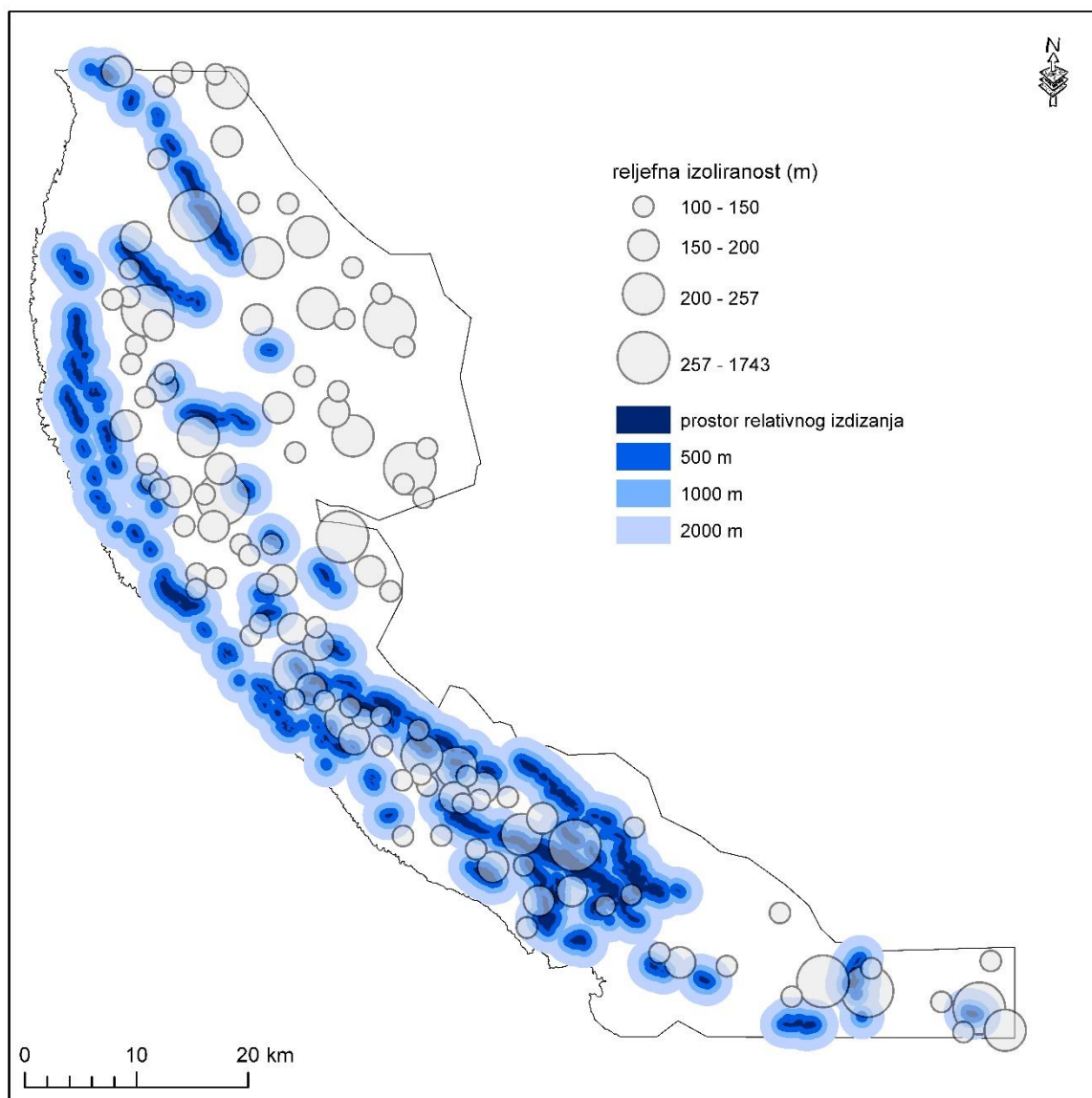
Prostori pozitivnih vrijednosti relativne vertikalne raščlanjenosti predstavljaju područja relativnog izdizanja, koji su na Velebitu zastupljeni uz primorsku padinu te uz važnije rasjede poput rasjeda Senjsko bilo, lički, brušanski i oštarijski rasjed. Kao i na prethodnim kartama korelacija vertikalnih raščlanjenosti i reljefne izoliranosti, očiti je suklad pružanja izoliranijih vrhova uz područja relativnog izdizanja. Pružanje izabranih 116 vrhova također

je sukladno s pravcima hrptova, a generalno svaki veći hrbat ima barem jedan vrh s izoliranosti u zadnjem razredu.



Sl. 16 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova i relativne vertikalne raščlanjenosti gorskog hrpta - masiva Velebita

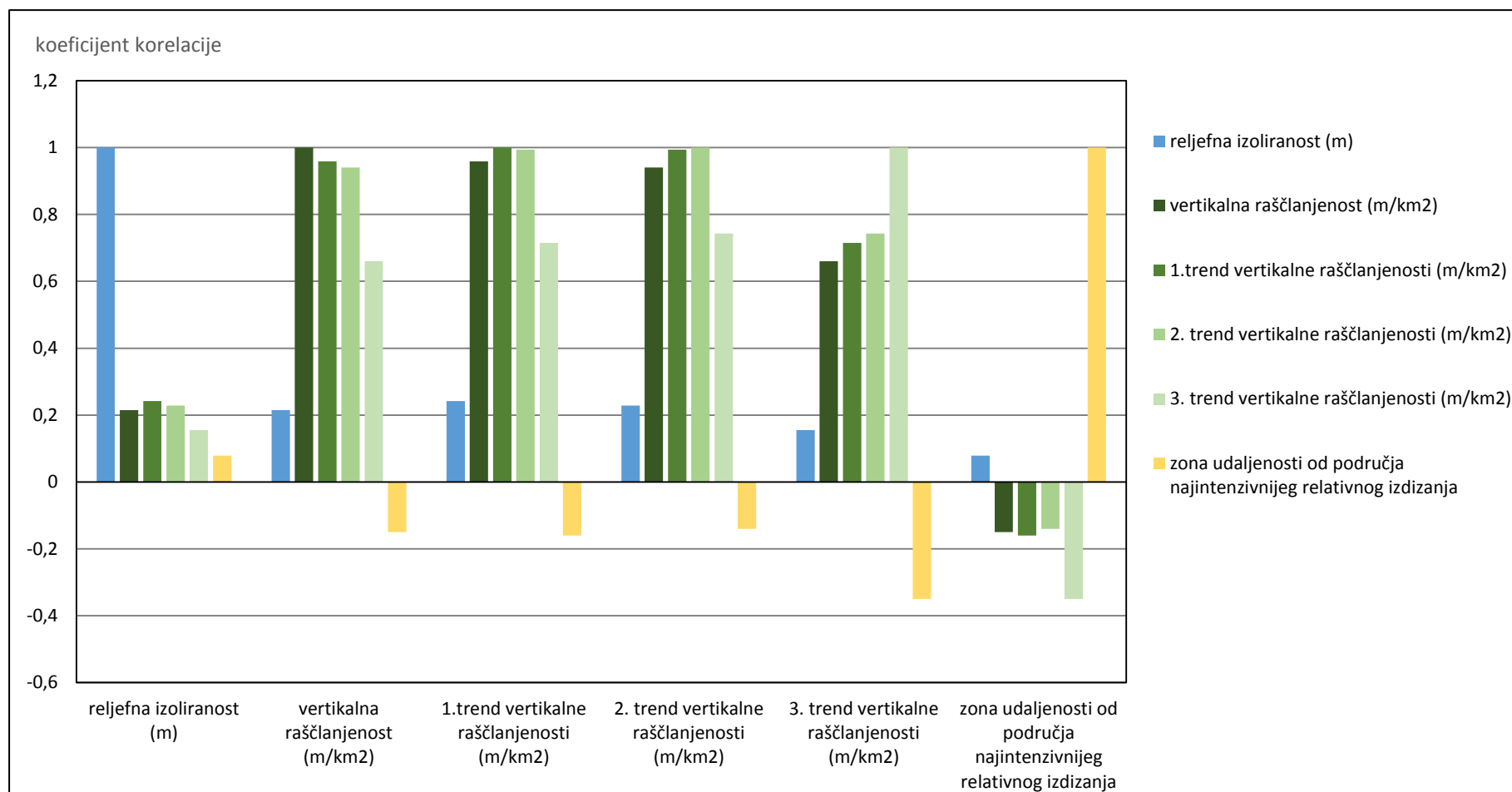
Područja su ograničena vektorom stresa odgovornog rasjeda ili rasjedne zone, stoga je bilo potrebno izraditi buffer zone od 500, 1000 i 2000 metara mogućeg utjecaja izdizanja (Sl.17). Bufferi su izrađeni oko zadnjeg pozitivnog razreda relativne vertikalne raščlanjenosti ( $> 248 \text{ m/km}^2$ ). Prostori se preklapaju s rasjedom Senjsko Bilo, bakovačkim, brušanskim, velebitskim te ličkim rasjedom u području masiva Crnopca, a većinom prolaze kroz središta tih prostora. Analiza je pokazala povećavanje reljefnih izoliranosti približavanjem središtu relativnog izdizanja, negirajući obilježje relativno stabilne morfometrije te postavljajući neotektonsku aktivnost kao jedan od glavnih faktora



Sl. 17 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova, prostora relativnog izdizanja i pripadajućih zona udaljenosti na gorskom hrptu - masivu Velebita

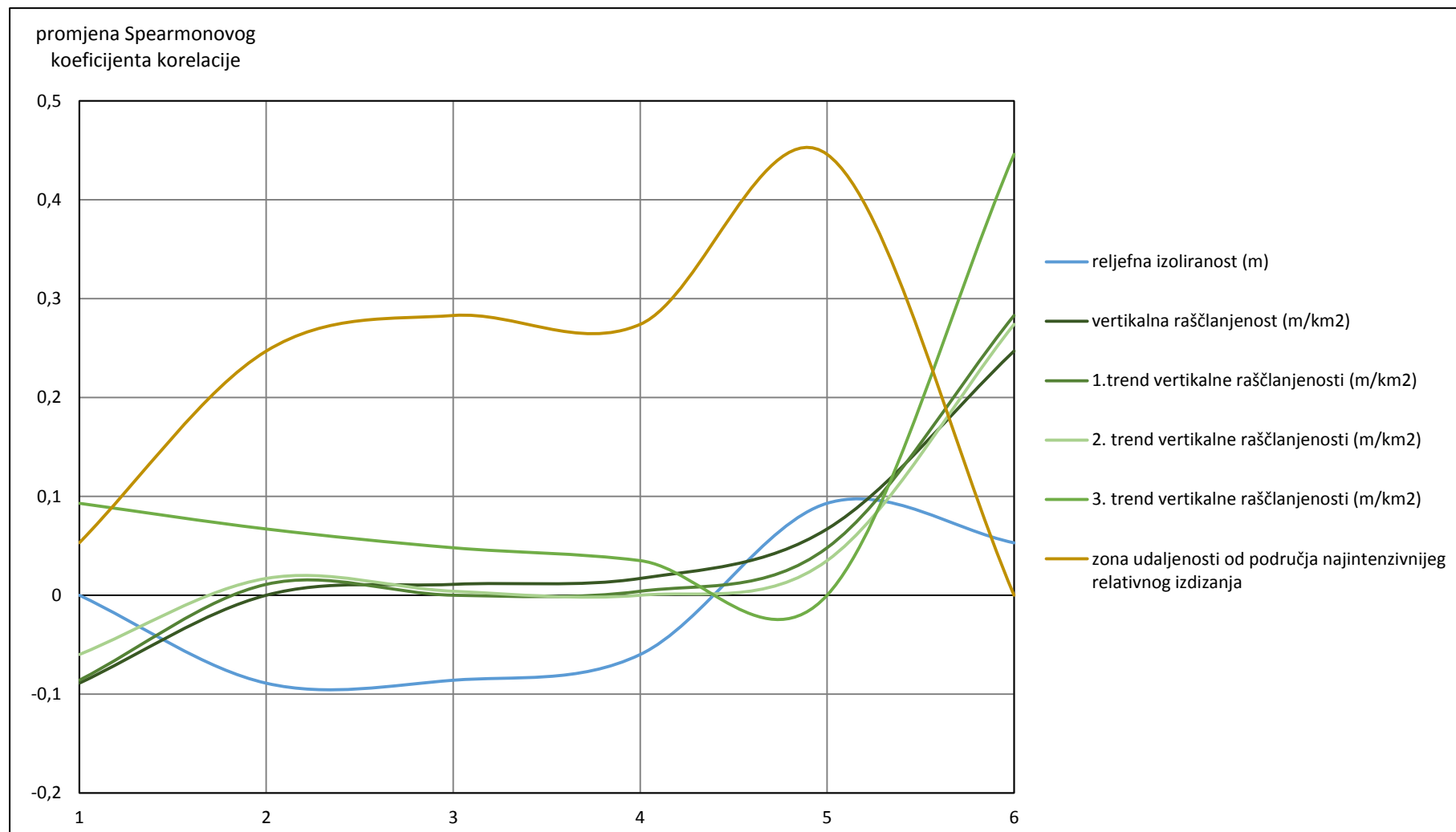
izoliranosti vrha. Međutim, osim prosječnih izoliranosti, približavajući se središnjim prostorima relativnog izdizanja povećavaju se i izrazi raspona vrijednosti, što je mogući indikator važnosti reljefnih izoliranosti u interpretaciji tektonske razmrvljenosti.





Sl. 18 Spearmanovi koeficijenti korelacije između reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita i vrijednosti njihovih morfometrijskih varijabli

Među navedenim varijablama nadodane su dvije nove – 3. trend vertikalne raščlanjenosti i zona udaljenosti od područja najvećeg relativnog izdizanja (Sl. 18). 3. trend je izračunat definiranom susjedstvu kvadratnog oblika s 1000x1000 ćelija s ciljem dobivanja još generaliziranih vrijednosti. Zone udaljenosti izrađene su temeljem Sl. 17, gdje je prva zona područje najvećeg relativnog izdizanja, a četvrta zona 2 km udaljena od prve. Koeficijenti korelacije između reljefne izoliranosti i skupine navedenih funkcija ukazuje nekoliko zakonitosti. Prvo, na reljefnu izoliranost pozitivnije utječu strukturne značajke od tektonskih i egzogenih procesa što se potvrđuje najvećom korelacijom s 1. trendom vertikalne raščlanjenosti i izrazito niskom, ali pozitivnom korelacijom reljefne izoliranost sa zonom udaljenosti od područja najvećeg relativnog izdizanja (što je zona veća, to je veća udaljenost). Time rečeno, reljefna izoliranost dobar je pokazatelj strukturne razmrvljenosti reljefa odnosno u prostorima veće reljefne izoliranosti može se pretpostaviti veći broj manjih strukturnih blokova. Drugo, udaljavanjem od područja (što je zona veća) najvećeg relativnog izdizanja izrazi morfometrijske se vrijednosti smanjuju, što je najbolje vidljivo u korelaciji s 3. trendom vertikalne raščlanjenosti. Iznimka je korelacija zona i 2. trenda vertikalne raščlanjenosti jer se oko 2200 vrhova nalazi dalje od 2 km udaljenosti o područja relativnog izdizanja. To je i razlog zašto je na Sl.19 najveća promjena upravo u toj varijabli, a koja prikazuje paradoksalnu situaciju. Udaljavanjem od područja najvećeg relativnog izdizanja koji je izračunat temeljem vertikalne raščlanjenosti, izrazi morfometrijskih funkcija se smanjuju. Mogući uzrok je izdvajanje područja samo najvećeg relativnog izdizanja, čime bi se najveći broj izoliranih vrhova nalazio izvan toga područja, najvjerojatnije u područjima nižih vrijednosti izdizanja uzrokovanih ili manjim intenzitetom tektonskih pokreta ili aktivnošću rasjeda lokalnog do subregionalnog značaja. Prilog u tome ide i smanjenje korelacijskog koeficijenta između reljefne izoliranosti i morfometrijskih funkcija, među kojima je jedini izuzetak bio 3. trend vertikalne raščlanjenosti objašnjen metodologijom izrade.



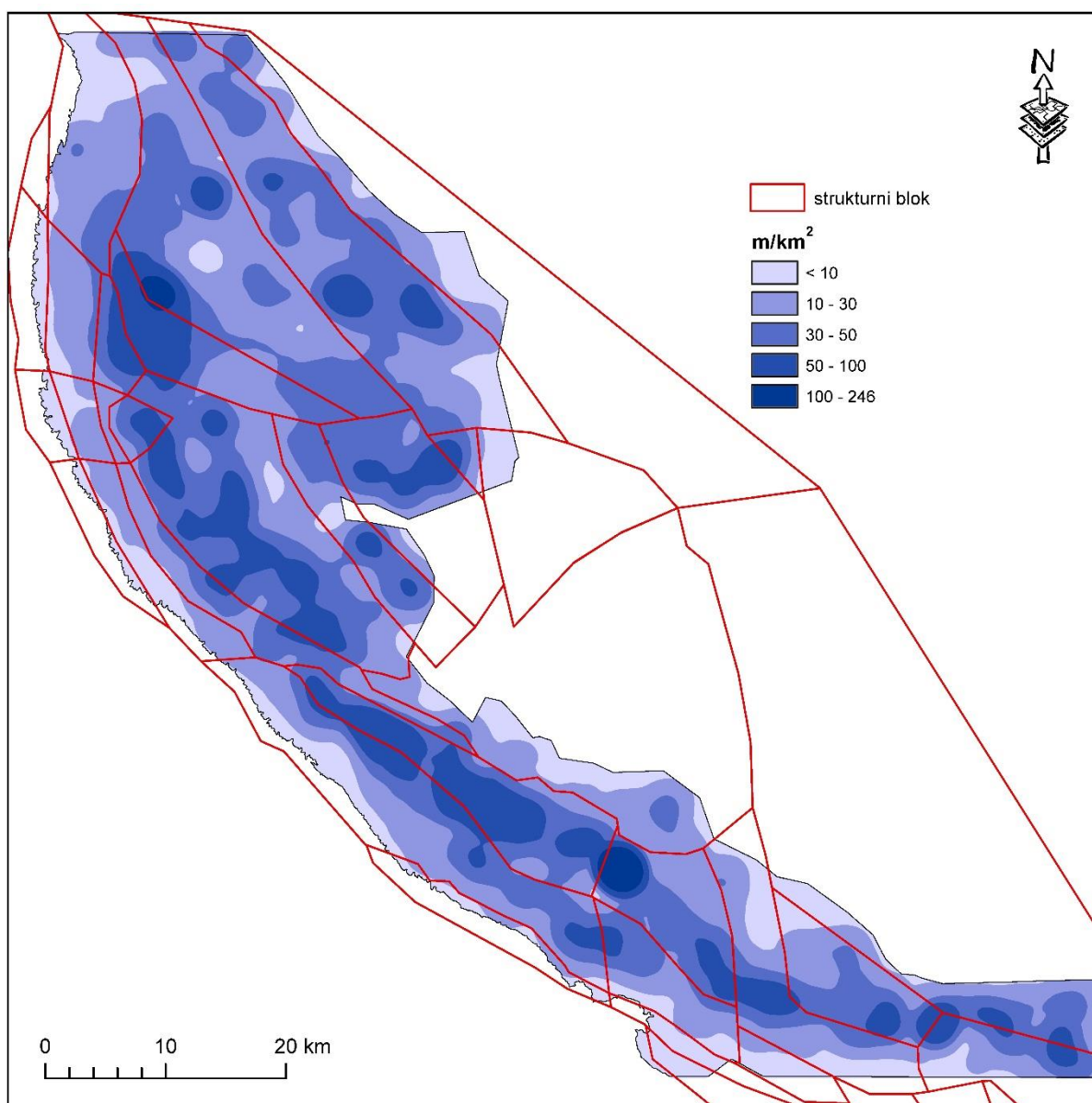
Sl. 19 Promjena Spearmanovih koeficijenata korelacije između reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita i vrijednosti njihovih morfometrijskih funkcija. Os apscisa – 1 – reljefna izoliranost, 2 – vertikalna raščlanjenost, 3 – 1. trend vertikalne raščlanjenosti, 4 – 2. trend vertikalne raščlanjenosti, 5 – 3. trend vertikalne raščlanjenosti, 6 – zone udaljenosti od područja najvećeg relativnog izdizanja



#### 5.4. KORELACIJA SA STRUKTUROM

U geotektonskom okviru podvlačenje Afričke ploče pod Euroazijsku rezultiralo je stvaranjem morfostrukture Velebita. Aktivnost, promjena smjera i nagiba te reaktivacija rasjeda tada postojećeg Velebitskog uzvišenja (Bognar, 1992, 26) dodatno su deformirali reljef, strukturno regionalizirali Velebit te predodredili visoke vrijednosti morfometrijskih funkcija za koje vežemo recentnu tektonsku aktivnost. Prosječno pružanje regionalnih i strukturno važnijih rasjeda je orijentacije  $121-301^\circ$ , za  $19^\circ$  sjevernije od prosječnog pružanja vrhova. Uzrok je, kao i na primjeru analize grebena Velebita (Faivre, 2007), promjena smjera glavnoga stresa koji kroz neposredan utjecaj na vrhove utječe i na reljefnu izoliranost. Prosječno pružanje strukturnih elemenata ukazuje i na relativno vrijeme njihovog stvaranja, a čije je pružanje ovisno o tadašnjem vektoru tektonskoga stresa. Osim kroz vrhove, tektonika utječe na reljefnu izoliranost i kroz nadmorsku visinu sedala. Njihovim navođenjem kao graničnih elemenata strukturno-geomorfoloških regija (Perica, 1998) te obzirom na nedostatan intenzitet egzogenih procesa, koji su u maloj mjeri deformirali konformnu strukturu kroz utjecaj na prostiranje određenih tipova reljefa ne mijenjajući bitno geomorfološke značajke Velebita, ističe se kako su vrijednosti reljefne izoliranosti u potpunosti su rezultat strukturno-tektonskih značajki i povezanih morfometrijskih funkcija geološki mlađih orografija, dok su egzogeno modelirane te klasifikacijski predstavljene isključivo njene niže vrijednosti.

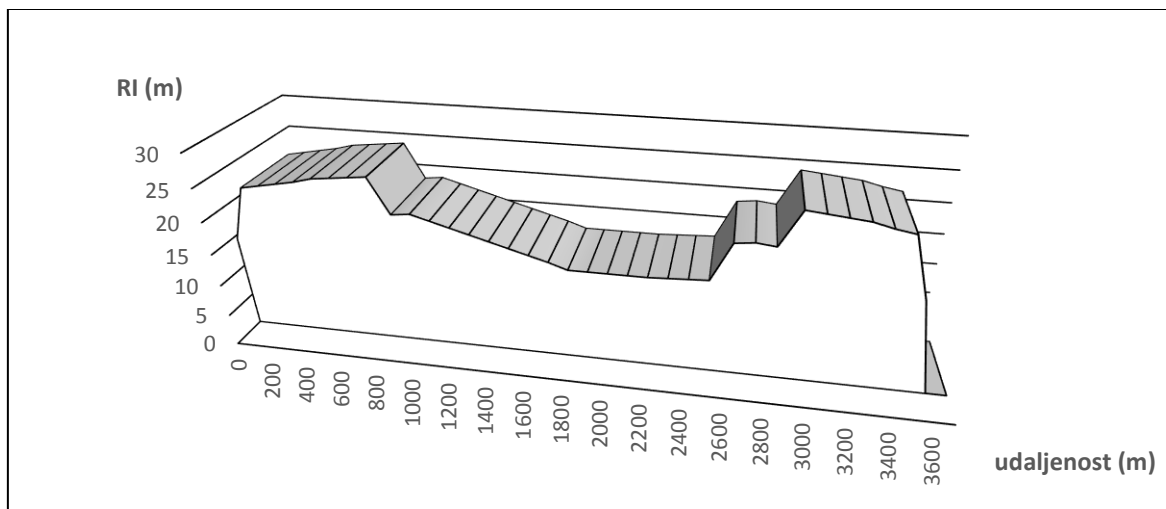
Prema modelu predstavljenog u Faivre (1999), Velebit je podijeljen u 39 strukturnih blokova. Analizirano područje obuhvatilo je 36 blokova, a gustoće reljefne izoliranosti su, osim pojedinačnih otoka najviših gustoća, međusobno povezane u komplementarne cjeline (Sl. 18). Primjerice, treći se razred prostire od hrpta Senjskog bila do II Velebita, neodržavajući širinu razreda jedino u prostorima granica strukturnih regija. Prostori drugoga razreda obilježeni su udubljenjima poput Krasnog polja, udoline Bakovica i Paklenica, spuštanjem reljefa prema Ličkoj zavali te u širem prostoru glavnoga tjemena. S obzirom na veće gustoće izoliranosti u središnjem djelu strukturnog bloka Srednjeg i Južnog Velebita te veće vrijednosti u graničnim dijelovima bloka masiva Sjevernog Velebita, prostorna zakonitost gustoće izoliranosti u položaju prema strukturnim blokovima nije razvidna. Stoga, analiza odnosa izoliranosti i strukturnih blokova temeljila se na podacima o izoliranosti, ne njihovoj gustoći.



Sl. 20 Prostorni odnos reljefnom izoliranosti ponderirane gustoće vrhova i strukturnih blokova gorskog hrpta - masiva Velebita

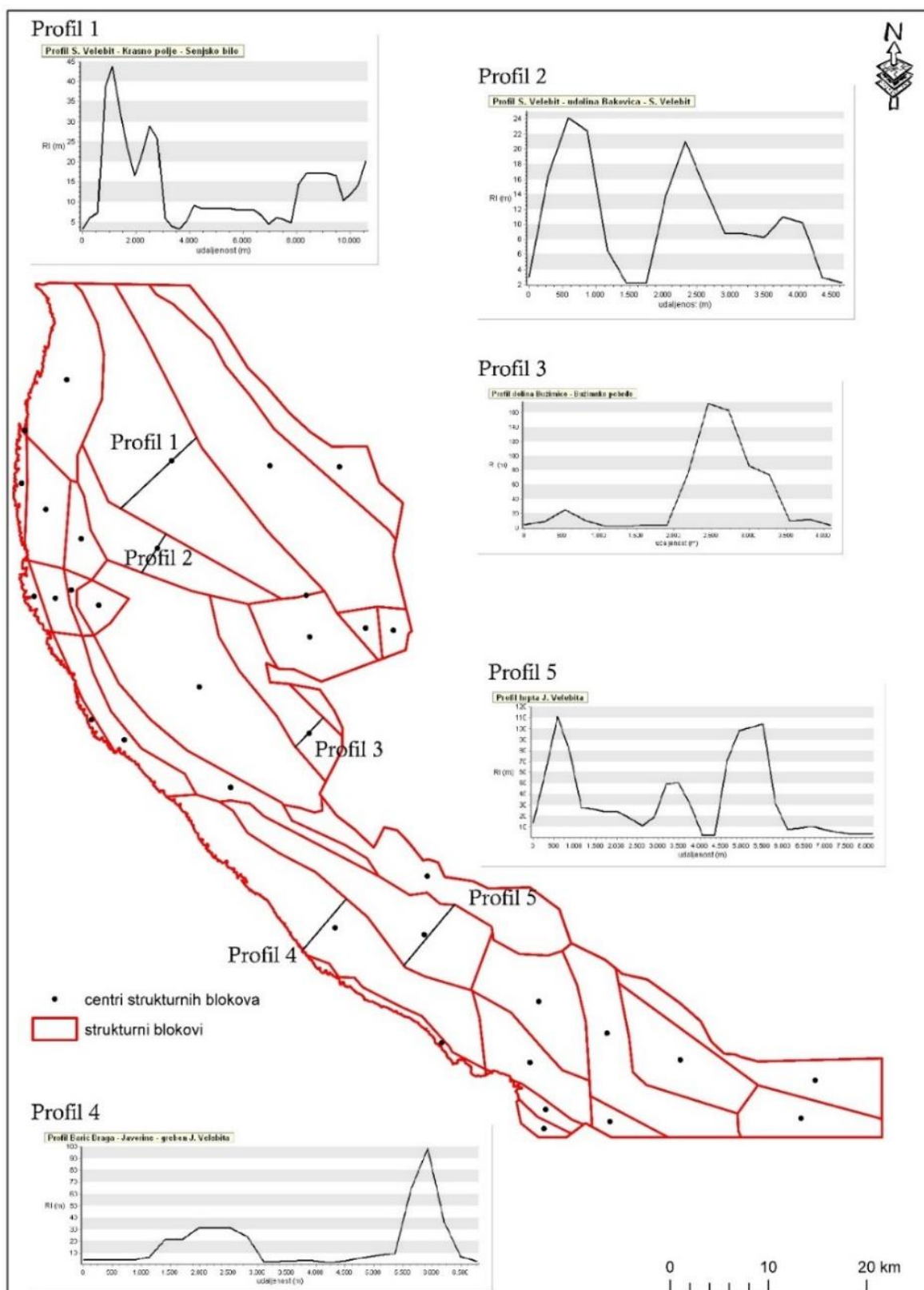
Veće vrijednosti izoliranosti na granicama su strukturnih blokova, a udaljavanjem od granice vrijednosti se mijenjaju različitim intenzitetima. Do najvećih promjena aritmetičkih sredina dolazi u prvih 100 metara, gdje su one 10x intenzivnije od onih u sljedećih 900 metara. Iste intenzitete promjene imaju vrijednosti raspona, čije povećavanje vrijednosti smanjuje relevantnost podataka aritmetičkih sredina s udaljavanjem od granica i centara. Dakle, distribucija prigraničnih podataka direktno je ovisna o rasjedima, međutim, neznatno pozitivna povezanost izoliranosti i relativnog reljefa umanjuje važnost njihove aktivnosti te postavlja reljefnu izoliranost kao stabilniji morfometrijski parametar recentne tektonike (Tab. 7).

Najčešća udaljenost između centra i granice strukturnog bloka je 1657 metara, stoga se iz interpoliranih podataka izradio profil prosječnih vrijednosti izoliranosti (Sl. 19), a kasnije usporedio s izabranim primjerima deriviranih iz DEM10.



Sl. 21 Prosječan profil strukturnih blokova gorskog hrpta - masiva Velebita temeljem reljefne izoliranosti

Nakon 900 – 1000 metara od granice izoliranost se postepeno smanjuje kao posljedica približivanja centru, te su vrijednosti u središnjim dijelovima bloka jednolične. Usporedno s profilima (Sl. 20), vidljiva je korelacija reljefnih izoliranosti i nadmorskih visina, posebice u profilima uzvišenje – udubljenje – uzvišenje, gdje je izoliranost definirala sekundarne orografije. Unutar bloka, poput na profilu dolina Bužimice – Bužimsko pobrđe, vidljiva je stepeničasta struktura SI padina, odnosno postojanje sekundarnog vrha pobrđa, dok je na profilu 4 program prepoznao pedimente Južnog Velebita. Stoga, niska pozitivna korelacija nadmorskih visina i reljefnih izoliranosti utječe na programsko prepoznavanje orografskih struktura, a profil prosječnih izoliranosti, s obzirom na najveću korelaciju s profilima uzvišenje – udubljenje – uzvišenje, definira istovjetne profile strukturnih blokova Velebita.



Sl. 22 Profili reljefne izoliranosti izabranih strukturnih blokova gorskog hrpta - masiva Velebita

Svojevrsno privlačenje malih vrhova k velikima eliminiralo je značenje manjih rasjeda i rasjednih zona te izdvojilo područja najvećih posljedica tektonskih aktivnosti. Najvažnije je pružanje trećega razreda zbog izdvajanja masiva Sjevernog i grebena Srednjeg i Južnog Velebita, komplementarne cjeline razdvojene Brušanskim rasjedom

Na njih su utjecali kako regionalni Velebitski, tako i rasjedi nižega ranga. Izdvajanje važnijih rasjeda temeljeno je na dodatnoj selekciji prethodno izdvojenih 102 vrha. Time su izdvojena tri strukturna bloka Velebita, referentna u istraživanju utjecaja strukture na reljefnu izoliranost – masiv Malog Rajinca na Sjevernom Velebitu s Ličkim rasjedom, greben Vaganskog vrha na Južnom Velebitu i masiv Crnopca na Jugoistočnom Velebitu s pripadajućim rasjedima.

## 6. PRIMJENE RELJEFNE IZOLIRANOSTI VRHOVA

### 6.1. GEOMORFOLOŠKO KARTIRANJE

#### 6.1.1. DOSADAŠNJE KLASIFIKACIJE I KARTIRANJE

1981. godine izdan je prvi Tumač pregledne geomorfološke karte (Gams i dr., 1981) koji navodi orografiju, geološku građu, genetske tipove reljefa i morfokronologiju kao sastavne dijelove karte. Orografija sadržava podatke o klasi reljefa temeljem izraza vertikalne raščlanjenosti u jediničnoj površini od 25 km<sup>2</sup>, a koja se prikazuje različitim intenzitetima boje pripadajućeg genetskog tipa reljefa. Morfometrijski parametri poput dužine, širine, visine i dubine reljefnih oblika prikazuju se izohipsama, a vrsta oblika pripadajućim znakom u navedenom tumaču. Geološka građa prikazana je reljefno važnim elementima, a dok je litologija prikazana na temelju osnovne (1:100.000) ili opće (1:500.000) geološke karte. Genetski se tipovi reljefa arealno prikazuju pripadajućim bojama, a moguće je izdvojiti oblike endogenih procesa (tektonski, neotektonski, vulkanski, pseudovulkanski i potresni) i oblike egzogenih procesa (poligenetski, derazijski, fluviodenudacijski, fluvioakumulacijski, fluvijalni (denudacijski i akumulacijski), fluviokrški, krški, glacijalni, nivalni, eolski, lesni, abrazijski/morski/jezerski i antropogeni). Zadnji element karte je morfokronologija koja se prikazuje slovnim oznakom apsolutne starosti oblika ili reljefa. Za razliku od detaljnih geomorfoloških karata (1:100.000) koje na 47 listova prikazuju prostor Hrvatske, pregledne geomorfološke karte rađene su za svaku socijalističku republiku i socijalističku autonomnu pokrajinu zasebno. Prema tumaču za detaljnu geomorfološku kartu 1:100.000 (Gams i dr., 1981) na karti se prikazuju

morfografski, morfometrijski, morfokronološki, morfogenetski i podatci o geološkoj građi važnih za reljef. Teorijska razlika od pregledne geomorfološke karte je u zamjeni prikaza vertikalne raščlanjenosti s prikazom nagiba kao glavne morfometrijske funkcije, dok je u morfografskom dijelu potrebno prikazati i onaj oblik vrlo sitnih dimenzija, ukoliko je izrazito važan za interpretaciju morfogeneze. Morfogenetski podatci prikazani su bojom genetskog tipa reljefa koji može biti endogen (morfotektogeni i magmatogeni) ili egzogen (padinski, fluviodenudacijski, fluvijalni (erozijski i akumulacijski), krški, fluviokrški, glacijalni, flucioglacijalni, glacionivalni/kriogeni/termokrški, marinsko-limnički, eolski, sufozijski, organogeni i antropogeni), dok se među navedenim egzogenim tipovima reljefa krški i sufozijski reljef ne prikazuju bojom već pripadajućim oblicima u njihovoj boji. Među stranim literaturama, a na čijem su temelju izrađena dva jugoslavenska tumača je Detaljno geomorfološko kartiranje (Demek, 1972). Endogeni je reljef podijelio na oblike neotektonskog i vulkanskog izvora te oblike nastale akumulacijom iz termalnih izvora, a egzogeni su oblici podijeljeni u derazijski (akumulacijske i erozijske), fluvijalni (erozijski i akumulacijski), glaciofluvijalni (proglacijalni i subglacijalni erozijski i akumulacijski), krški (korozijski, fluviokrški, kontakti (s vodenim tokom, jezerom ili morem) i reljef nastao akumulacijom kalcijevog karbonata), glacijalni (erozijski i akumulacijski), nivalni (erozijski i akumulacijski), termokrški (oblici nastali topljenjem injektiranoga leda ili zakopanih ledenih blokova), eolski (erozijski i akumulacijski), maritimni/lakustrijski (erozijski i akumulacijski), organogeni i antropogeni (erozijski i akumulacijski) reljef.

Vrhovi se često nalaze u skupinama i rijetki su slučajevi kada je dozvoljeno ili moguće prikazivanje svih postojećih u prostoru. Marković (1983) navodi problem njihove brojnosti i najčešćeg preklapanja, posebice na topografskim i geografskim preglednim kartama gdje je neophodna njihova generalizacija i izdvajanje prema reprezentativnosti. Prema Demeku (1972) razlikuju se vrhovi na temelju opisa njihovih oblika, prema čemu su postojali oštri, stožasti, zaobljeni i kupolasti vrhovi, a na temelju veličine mali i veliki. Takva klasifikacija je preuzeta kako u Tumač pregledne geomorfološke karte SFRJ 1:500.000 (1981), tako i u Tumač detaljne geomorfološke karte SFRJ 1:100.000 (1985), a u geomorfološkim istraživanjima koristi se i danas. Kvalitativan opis vrha koristan je u interpretaciji egzogenog modeliranja posebice ukoliko postoje detaljniji podatci o morfodinamici čija bi korelacija s ekspozicijom padina bila temelj predikcije razvoja lokalnog reljefa. Istim se je principom klasificiralo vrhove prema njihovoj veličini na velike i male, neovisno o morfometriji kao temelju matematičko-statističke analize vrhova.

Dosadašnje kartiranje vrhova, temeljeno na kvalitativnom opisu njihovih oblika, ovisilo je o autorovoj percepciji vrha. Primjerice, Šundov (2012) razlikuje velike vrhove na oštrome, stožaste, zaobljene i kupolaste, a male vrhove u kompaktnim stijenama na stožaste, zaobljene i kupolaste u prostoru Dubrovačkog primorja i poluotoka Pelješca, dok Dujmović (2007) diferencira vrhove Samoborskog gorja i Plješivičkog prigorja na temelju kompaktnosti stijene.

Kroz geomorfološka istraživanja naknadno su uvedene inačice vrhova, ovisno o kvalitativnom opisu istraživača. U Hrvatskoj je najpoznatija glavica. Bognar (1990) navodi veće i manje zaobljene glavice u Baranji, diferencirajući ih na temelju nadmorskih visina, a Bognar i dr. (1991) navode pojam glavice, na primjeru Sjevernog Velebita, kao vrh izdignut za 300 metara od okolnog terena, odnosno kao manji strukturni blok uvjetovan poprečnim rasjedima. Raznovrsnost primjene termina u izabranoj literaturi (Bognar i Klein, 1976; Školski geografski leksikon, 1999; Džaja, 2003; Dujmović, 2007; Šundov, 2012) i mogućnosti pojedinačnih definicija njene geneze, glavica se upotrebljava kao opća imenica manjeg uzvišenja na većem. No, ukoliko se koristi, utoliko ju je potrebno definirati i prikazati pripadajućim znakom u konačnu svrhu unificiranja njenog značenja. Do sada, topografski je definirana kao manje uzvišenje, a genetski je, uz kuk i hum, vezano za krški reljef (Pahernik, 2012).

Druga klasifikacija temelji se na njihovom međusobnom odnosu. Tako Podobnikar (2012) razlikuje globalne, regionalne i lokalne vrhove. Globalni vrh najviša je točka uzvisine, a lokalni vrh svaki lokalni maksimum. Takvim definiranjem preostaje postavljanje uvjeta regionalnih uzvisina koje Međunarodna planinarska organizacija (UIAA, 1994, 2008; Podobnikar, 2010) u Alpama definira kroz tri uvjeta. Topografski, odnosno visina između vrha i najbližeg pripadajućeg sedla te horizontalna izoliranost od 30 metara, morfološki ili njegov oblik i najbliža okolica prema čemu može biti oštar, tup, izdužen, okrugao i konusan te planinarski uvjet koji obuhvaća njegovu važnost, kvalitetu pristupnih staza i frekvenciju posjećenosti. S Obzirom na to da je potonji skoro u potpunosti prepušten subjektivnosti, takav uvjet nije uzet u obzir, iako bi se ponderiranjem kvalitete i statističkom analizom posjećenosti on mogao kvantificirati. Morfološki se kriterij koristi u geomorfološkom kartiranju (, a uz visoko kvalitetan digitalni model reljefa mogao bi se i digitalno ispuniti (Podobnikar, 2012), čime preostaje implementacija topografskog kriterija kao jedinog objektivnog kriterija za izdvajanje regionalnih vrhova. U ovom radu Podobnikarova klasifikacija nije se primjenila zbog oprečnosti prema klasifikaciji reljefne izoliranosti i potrebe za relativizacijom nadmorskih visina.

### 6.1.2. KVANTITATIVNA KLASIFIKACIJA I PRIKAZIVANJE VRHOVA

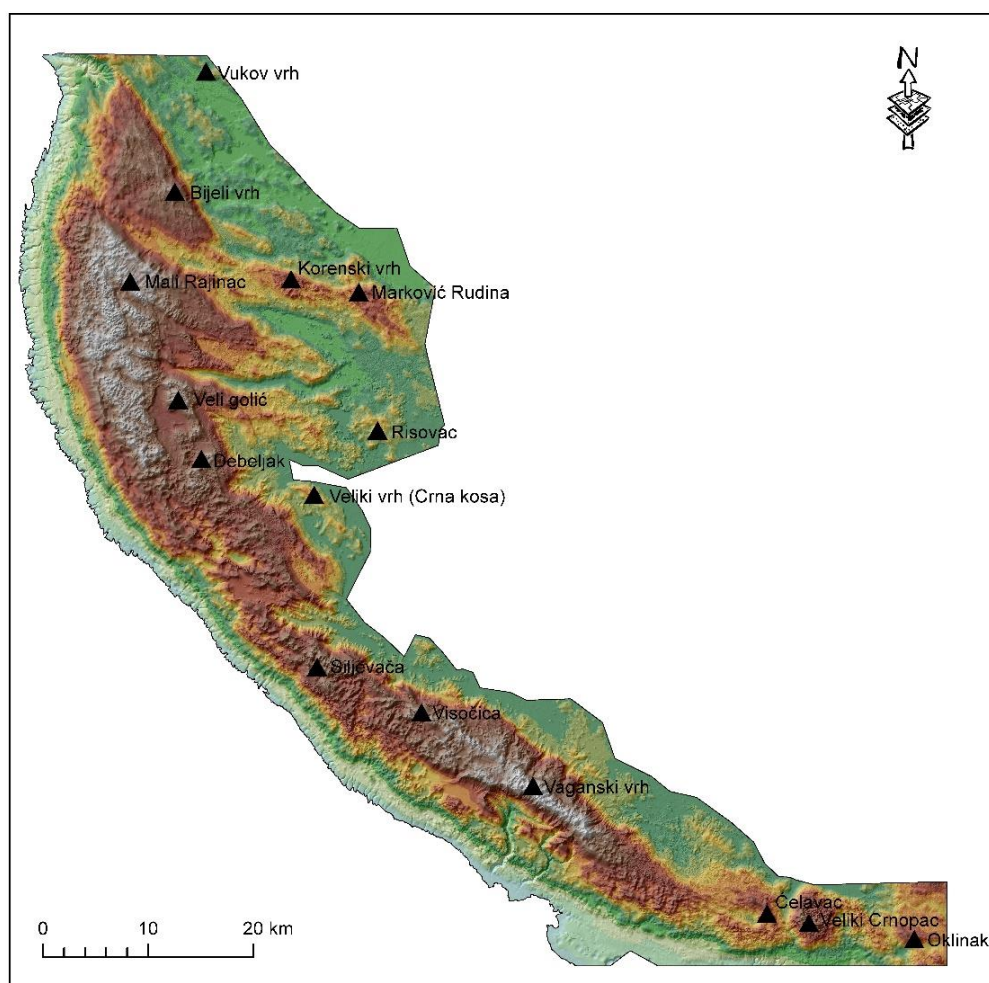
Jedan je od ciljeva ovoga rada kvantifikacija malih i velikih vrhova na temelju reljefne izoliranosti, načina generalizacije i podređivanja lokalnih vrhova uzvišenja jednom, najmarkantnijem vrhu. Zbog teorijski definiranog relativizma nadmorskih visina, neminovnog procesa generalizacije većeg broja vrhova, racionalnije prostorne raširenosti, matematičke jednostavnosti i statističke relevantnosti, deseti je percentil granica velikih i malih vrhova (Tab. 7). Najmanja vrijednost desetoga percentila iznosi 47 metara i granica je dvaju razreda malih i velikih vrhova. Dodatna klasifikacija velikih vrhova ili izoliranih vrhova temeljena je na vrijednostima mjerama asimetrije i zaobljenosti u statistički normalnoj Gaussovoj raspodjeli podataka. S obzirom na rijetkost normalne distribucije podataka u prirodnim znanostima čime bi dodatna klasifikacija izoliranih vrhova bila nemoguća za odraditi, oni vrhovi viših vrijednosti koji onemogućuju vrijednosti Skewnessa i Kurtosisa u normalnoj distribuciji ( $< \pm 3$ ) nazivaju se istaknutim vrhovima. Međutim, ukoliko su normalne vrijednosti mjera moguće sa svim velikim vrhovima, utoliko nema izdvojenih i istaknutih vrhova, već su svi u razredu izoliranih vrhova i postavljeni u isti položaj. Na primjeru Velebita, 252 - 264 metara izoliranosti granične su vrijednosti između razreda izdvojenih i istaknutih vrhova, u kojem se nalazi deset vrhova – Vaganski vrh, Mali Rajinac, Veliki Crnopac, Bijeli vrh, Oklinak, Čelavac, Marković Rudina i Debeljak.

Tab. 7 Kvantitativna klasifikacija vrhova Velebita

ime razreda		broj vrhova	najmanja izoliranost (m)	najveća izoliranost (m)
mali vrhovi		3652	1	46
veliki vrhovi (izolirani)	izdvojeni	400	47	257
	istaknuti	8	280	1743
ukupno		4060	1	1743

Broj prikazanih vrhova ovisi o mjerilu promatranja, stoga se na kartama sitnijeg mjerila bira manji broj vrhova i obrnuto, povećavanjem mjerila broj vrhova sve je veći. Za preglednu geomorfološku kartu hrpta - masiva Velebita u mjerilu 1:500.000 dovoljno je prikazati prvih petnaest vrhova s minimalnom izoliranosti od 233 metara (Sl.21).





Sl. 23 Petnaest najizoliranijih vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

## 6.2. INDEKS DOMINANTNOSTI

Elementi računanja indeksa istaknutosti definiraju njegovo značenje i faktore njegovih vrijednosti, a indeks je predstavljen jednadžbom:

$$\text{Indeks dominantnosti (ID)} = \frac{NV(\text{Nadmorska Visina}) + RI(\text{Reljefna Izoliranost})}{2 * H_{\max}}$$

Istovjetno nadmorskim visinama i reljefnim izoliranostima, i indeks dominantnosti u neposrednoj je vezi s morfostrukturama, a zbog konformnosti reljefa iz izolinija moguće je prepoznati i istaknute orografske strukture. Tako je JI od Bijelog vrha moguće pratiti Senjsko bilo, južnije od Senjskoga bila niz zavala, još južnije udolinu Bakovica, a sužavanjem vrijednosti 0,2 i 0,3 predstavljene su i granice strukturno-geomorfoloških regija. Zonalno pružanje izolinija JZ od grebena Južnog Velebita dokaz je neporemećenosti

struktura, te izravne ovisnosti Južnog Velebita o Velebitskom rasjedu. Suprotno tome, masiv Sjevernog Velebita diseciran je rasjedima pružanja ZSZ-IJI, a analizirani dio JI Velebita statičan u međuprostoru Ličkog i Velebitskog rasjeda.

*Tab. 8 Koeficijenti korelacije indeksa dominantnosti, nadmorske visine i reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita*

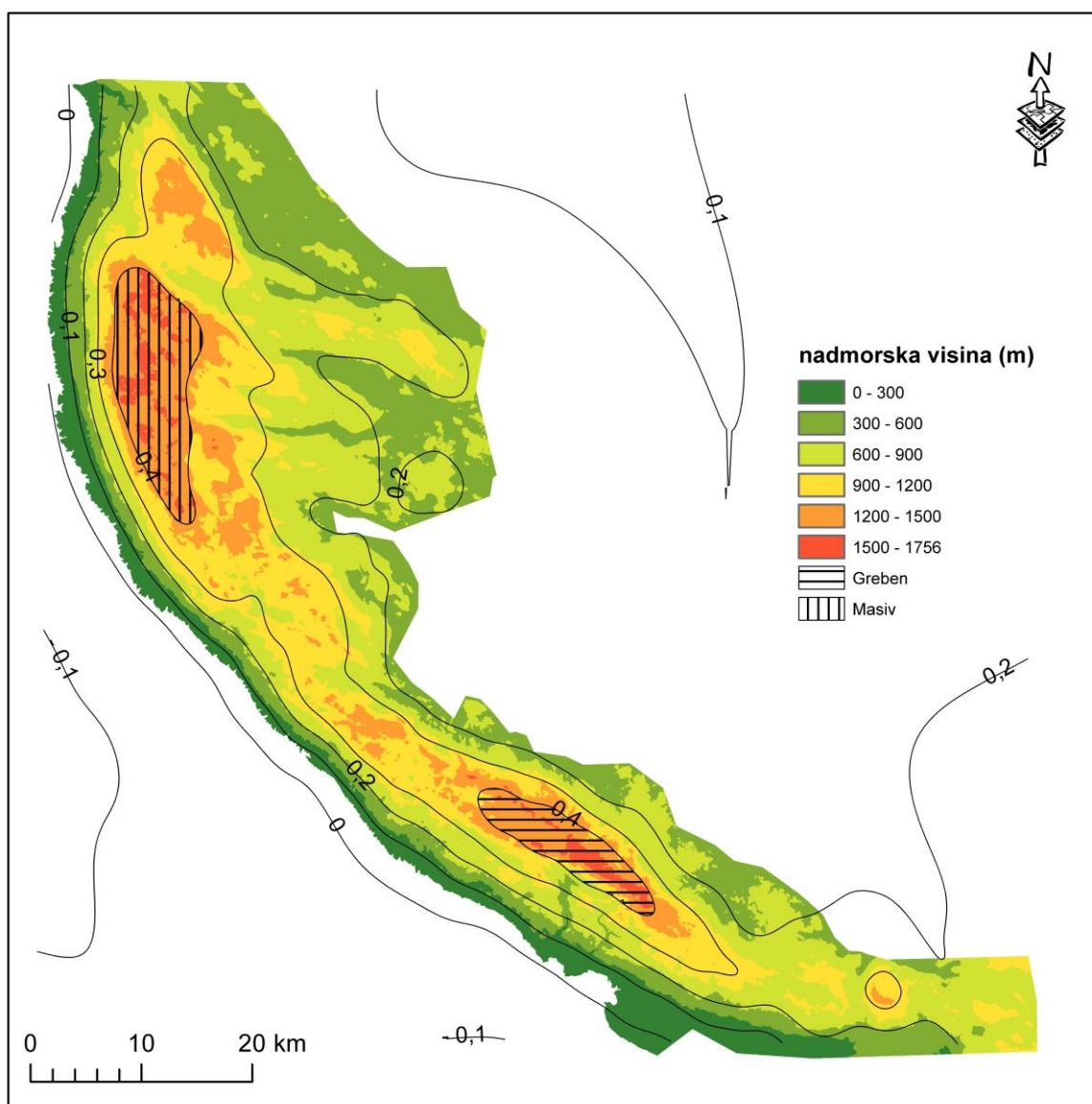
	indeks dominantnosti	nadmorska visina	reljefna izoliranost
indeks dominantnosti	1	0,997	0,323
nadmorska visina	0,997	1	0,281
reljefna izoliranost	0,323	0,281	1

S obzirom na to da se „dominantnost“ ograničava na granice orografske strukture, u nazivniku je s dva množena najviša nadmorska visina kako bi najviši indeks iznosio 1, a najmanji 0. Naravno, čim je vrijednost indeksa veća, vrh je istaknutiji. Zadaća indeksa je izdvajanje dominantnih i pozitivnih sekundarnih orografskih struktura, a na primjeru Velebita to su masiv Sjevernog Velebita i greben Južnog Velebita. Primarno su izdvojene temeljem nadmorskih visina, dok su točne granice struktura (ili barem njegovih dominantnih dijelova) određene ponderiranjem indeksa s reljefnom izoliranosti.

Obje komponente jednadžbe trebale bi u istoj mjeri utjecati na rezultate indeksa, međutim, Spearmanov koeficijent korelacije (Tab.8) pokazuje skoro pa funkcionalnu pozitivnu korelaciju indeksa s nadmorskom visinom. Razlog je tomu analizirano područje s vrlo visokim nadmorskim visinama te istodobno izbjegavanje reljefnih formi poput polja u kršu, čiji bi izdvojeni vrhovi zasigurno imali nižu nadmorsku visinu, a istodobno barem zadržali vrijednost izoliranosti. S druge strane, tek neznatna pozitivna korelacija je s reljefnom izoliranosti što se, u određenoj mjeri, pojašnjava izrazitom desnom asimetrijom vrijednosti izoliranosti. Ipak, iako izoliranost kao takva nije utjecala na vrijednosti indeksa, utjecala je na odabir visokih uzvisina, izdvajajući eminentne i relevantne za određenu skupinu uzvisina.

Tab. 9 Statističke značajke Masiva i Grebena gorskog hrpta - masiva Velebita

	površina (km <sup>2</sup> )	prosječna izoliranost (m)	prosječna nadmorska visina (m)	dominantan smjer pružanja (°)	očekivani smjer tektonskoga stresa (°)
masiv Sjevernog Velebita	122,1	27	1434	184 - 364	94 – 274
greben Južnog Velebita	63	44	1373	167 - 347	77 - 257



Sl. 24 Indeks dominantnosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita i izdvojena područja Masiva i Grebena

Dominantne orografije referentni su prostori za proučavanje utjecaja struktura i tektonike, stoga su izdvojeni statistički pokazatelji u funkciji interpretacije utjecaja. S obzirom na to da je pružanje okomito na genetski vektor stresa, očekivani smjer prikazuje kakav bi on trebao biti danas s obzirom na reljefna pružanja (Tab. 9). Dakako, to je hipotetski postavljeno, ali se postavlja pitanje zašto Masiv i Greben imaju različita prosječna pružanja. Ako se hipotetski postavi da su nastali u istom geološkom periodu (što je vrlo vjerojatno obzirom na to da se stariji pedimenti nastali tijekom eocena i oligocena nalaze na cijelom Velebitu), ostaje otvoreno pitanje tadašnjeg vektora stresa i njegovog utjecaja na tektonsko izdizanje kako Masiva tako i Grebena. Moguće da je prethodna retrogradna rotacija vektora stresa stvorila rasjednu zonu u zaleđu Karlobaga zbog koje se područje budućeg Grebena rotirao okomito na tadašnji vektor stresa. Tektonska aktivnost izdignula je Greben, a u području Masiva stvorila rasjede s horizontalnim pomakom što je za posljedicu imalo stvaranje današnjeg morfološkog oblika masiva, a zbog čega bi i najviša prosječna nadmorska visina bila u području Masiva, a apsolutna u području Grebena. Intenzivniji utjecaj stresa moguće je objašnjenje nepostojanje mlađega pedimenta na Južnom Velebitu (Bognar, 1992), za razliku od Sjevernoga gdje je subsidencija uzrokovana aktivnošću ličkoga rasjeda slabijeg intenziteta.

#### 6.4. OSTALE PRIMJENE

U geomorfologiji, izoliranost vrha mjera je široke primjere. Recentno sve prepoznatljivija grana geomorfologije postaje geoekologija i njena zadaća – prepoznavanje geomorfoloških, geoloških i pedoloških elemenata prostora važnih za njegov identitet i prošlost. Iz georaznolikosti prepoznajemo geobaštinu, nežive elemente prirode izuzetne važnosti (Buzjak, 2017), a koje je potrebno zaštititi primarno od čovjekovih djelatnosti. Izoliranost vrha dobar je pokazatelj percepcije dominantog elementa prostora, a prema svojim mjerama teže dostupan i resursno siromašan za potencijalno štetne čovjekove djelatnosti. Međutim, reljefne oblike treba zaštititi bez obzira na čovjeka. Buzjak i dr. (2013) analiziraju geomorfološku i speleološku raznolikost Pećinskog parka Grabovača te predlažu širenje zaštićene površine na temelju gustoće reljefnih oblika. Erhartič (2007) izdvaja vrhove kao poligenetske oblike georaznolikosti, a Stepišnik i Repe (2015) analiziraju prostor Rakova Škocjana kao primjer metodologije inventarizacije i zaštite georaznolikosti.

Primjena kvantitativne klasifikacije vrhova moguća je u topografskom kartiranju gdje su veličina imena vrha određene nadmorskom visinom (Zbirka kartografskih..., 2011). Njihova funkcija umrežavanja u komplementarnu cjelinu radi stvaranja geodetskih mreža je predodređena je dominacijom u prostoru koju kvantificira upravo reljefna izoliranost. Međutim, iako satelitska snimanja daju pouzdane podatke, potrebna je provjera točnosti. Primjerice, SRTM modeli reljefa jedne lučne sekunde dostupni su za gotovo cijeli svijet, a još uvijek nisu pouzdano najbolji u prostorima velike energije reljefa. Stoga je potrebna konstantna revaluacija odrađenih analiza.

## 7. ZAKLJUČAK

Zato što je matematički uobličena, reljefnu izoliranost je bilo potrebno postaviti u prostorni odnos s ostalim funkcijama, a sve u svrhu njene interpretacije i mogućeg nadograđivanja trenutnog znanja o Velebitu uz zadovoljavanje statističkih parametara i njihovih uvjeta. S obzirom na to da se statističke i prostorne funkcije ne moraju nužno slagati, u radu je bila presudna interpretacija rezultata, dok je za dostizanje cilja bilo potrebno potvrditi ili opovrgnuti hipoteze:

Winprom program i SRTM DEM1 s rezolucijom 1 lučne sekunde ili 30 metara dovoljne su kvalitete za računanje reljefne izoliranosti. Zbroj nadmorskih visina s topografske karte u odnosu na zbrojeve iz DEM10 i SRTM DEM1 pokazuju izrazitu međusobnu sličnost te sličnost korelacijskih koeficijenata s reljefnom izoliranosti. I prema geomorfometrijskim funkcijama vidljivo je izrazito nepodudaranje reljefne izoliranosti, pretežito zbog analiza rasterskih podataka čiji je izvoz iz GIS-a u statističke programe često rezultiralo slabim i ponekad pogrešnim korelacijskim i regresijskim koeficijentima. Zbog toga su se svi rezultati iz drugih programa revaluirali kroz zonalne funkcije i funkcije susjedstva u GIS-u. Dokazan je trend povećanja reljefne izoliranosti s većim vrijednostima geomorfometrije, koji se u konačnici povezuje sa strukturno-tektonskim značajkama terena. Međutim, u područjima najintenzivnijeg relativnog izdizanja se vrijednosti reljefne izoliranost desetoga percentila smanjuju. Korelacijskom analizom među reljefnom izoliranost, vertikalnom raščlanjenosti te 1. i 2. trendom vertikalne raščlanjenosti definirala se nelinearna korelacija zbog koje se zaključuje primarna uvjetovanost reljefne izoliranost strukturnim značajkama reljefa. Na taj način reljefna izoliranost postaje dobar pokazatelj strukturne razmrvljenosti reljefa, posebice u područjima izdvojenih viših vrijednosti. Zajedno s nadmorskom visinom, reljefna izoliranost tvori tzv. indeks dominantnosti, čije više vrijednosti ukazuju na ili recentni ili povećani utjecaj strukturno-tektonskih značajki, što je rezultiralo određivanjem masiva Malog Rajinca i grebena Vaganskog vrha kao prostore pogodnim za analizu i interpretaciju strukturno-geomorfoloških obilježja Velebita. Osim strukturnih značajki, reljefna je izoliranost postala mjera za određivanje malih i velikih (izoliranih) vrhova. Nadalje, izolirani se vrhovi mogu dijeliti na izdvojene i istaknute ukoliko postoje vrijednosti reljefne izoliranosti koje onemogućuju vrijednosti mjera asimetrije i zaobljenosti u normalnoj Gaussovoj raspodjeli podataka.

Moguće su primjene u geokološkom određivanju georaznolikosti, gdje bi se pojedini vrhovi s visokom vrijednosti dominantnosti mogli istaknuti kao točke u poučnim

stazama. S druge strane, geodetsko određivanje veličine slova na topografskim kartama odrađuje se kroz nadmorsku visinu vrha, neovisno o mogućoj prostornoj blizini drugoga, višeg vrha, a osim toga, dominantni vrhovi osnova su za određivanje geodetskih mreža. Na kraju, iz vojno-strateškog aspekta, dominantni vrhovi predstavljaju izrazito važne točke u planiranju i izvedbi akcija.

## 8. LITERATURA I IZVORI

### LITERATURA

1. Bahun, S., 1974: Tektogeneza Velebita i postanak Jelar-naslaga, *Geološki vjesnik* 27, 35-51.
2. Belij, S., 1985: Glacijalni reljef Južnog Velebita, *Geografski glasnik* 47, 71-85.
3. Bočić, N., Pahernik, M., Bognar, A., 2011: Geomorfološka obilježja Slunjske zaravni, *Hrvatski geografski glasnik* 72 (2), 5-25.
4. Bočić, N., Favre, S., Kovačić M., Horvatinčić, N., 2012: Cave development under the influence of Pleistocene glaciation in the Dinarides – an example from Štirovača Ice Cave (Velebit Mt., Croatia), *Zeitschrift fur Geomorphologie* 56 (4), 409-433.
5. Bognar, A., 1987: Tipovi reljefa Hrvatske, u: *zbornik II. skupa geomorfologa SFRJ* (ur: Bognar, A.), Gospić, 18.-25. lipnja 1987., Geografski odjel PMF-a, Zagreb, 52-82.
6. Bognar, A., 1990: *Geomorfologija Baranje*, Savez geografskih društava Hrvatske, Zagreb.
7. Bognar, A., 1992: Predgorske stepenice (pedimenti) Gorskog hrpta Južnog Velebita, *Senjski zbornik* 19, 1-12.
8. Bognar, A., 1994a: Temeljna skica geokoloških osobina Velebita, *Senjski zbornik* 21, 1-8.
9. Bognar, A., 1994b: Neke od temeljnih značajki razvoja pedimenata u gorskoj zoni vanjskih Dinarida, *Geografski glasnik* 56, 21-31.
10. Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 34, 7-29.
11. Bognar, A., Klein, V., 1976: Litostratigrafski profil pleistocenskih sedimenata Grmoščice i njegovo značenje u tumačenju geomorfološkog razvoja prigorja Medvednice, *Geografski glasnik* 38, 30-51.
12. Bognar, A., Faivre, S., Pavelić, J., 1991: Glacijacija Sjevernog Velebita, *Senjski zbornik* 18 (1), 181-196.
13. Bognar, A., Faivre, S., 2006: Geomorphological traces of the Younger Pleistocene Glaciation in the Central Part of the Velebit Mt., *Hrvatski geografski glasnik* 68 (2), 19-30.
14. Bognar, A., Faivre, S., Buzjak, N., Pahernik, M., Bočić, N., 2012: Recent Landform Evolution in the Dinaric and Pannonian Regions of Croatia, u: *Recent Landform Evolution* (ur: Denes, L., Stankoviansky, M., Kotarba, A.), Springer, Heidelberg, London, New York, 313-344.
15. Buzjak, N., Bočić, N., Pahernik, M., 2013: Geomorfološke i speleološke značajke Pećinskog parka Grabovača i okolnog prostora, elaborat, Hrvatsko geomorfološko društvo, SK Samobor, SK Karlovac, Zagreb.
16. Buzjak, N., 2015: *Geoekologija i zaštita okoliša – interna skripta*, Geoekologija i zaštita okoliša, Sveučilište u Zagrebu.
17. Curić, Z., Curić, B., 1999: *Školski geografski leksikon*, Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb.
18. Dujmović, I., 2007: *Fizičko-geografske značajke Samoborskog gorja i Plješivičkog prigorja*, Meridijani, Samobor.
19. Džaja, K., 2003: Geomorfološke značajke Dugog Otoka, *Geoadria* 8 (2), 5-44.
20. Erhartić, B., 2007: Reliefne oblike kot geodiverziteta, *Dela* 28, 59-74.
21. Faivre, S., 1992: Analiza gustoće ponikava na Sjevernom Velebitu i Senjskom bilu, *Senjski zbornik* 19, 13-24.



22. Faivre, S., Reiffsteck, Ph., 1999: Measuring strain and stress from sinkhole distribution: Example of the Velebit mountain range, Dinarides, Croatia u: *Proceedings of the seventh multidisciplinary conference on sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst* (ur: Beck, B.F., Pettit, A., Herring, J.G.), Harrisburg-Hershey, Pennsylvania, 10.-14. travnja 1999., A.A. Balkema, Brookfield, 25-29.
23. Faivre, S., 1999: *Landforms and tectonics of the Velebit mountain range (Outer Dinarides, Croatia)*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
24. Faivre, S., 2007: Analyses of the Velebit Mountain Ridge Crests, *Hrvatski geografski glasnik* 69 (2), 21-40.
25. Gams, I., Zeremski, N., Marković, M., Lisenko, S., Bogнар, A., 1981: *Uputstvo za izradu pregledne geomorfološke karte SFRJ 1:600 000*, Beograd.
26. Gams, I., Zeremski, N., Marković, M., Lisenko, S., Bogнар, A., 1985: *Uputstvo za izradu detaljne geomorfološke karte SFRJ 1:100 000*, Beograd.
27. Helman, A., 2005: *The Finest Peaks: Prominence and Other Mountain Measures*, Trafford, Victoria, Canada.
28. Herak, M., 1991: Dinaridi – mobilistički osvrt na genezu i strukturu, *Acta Geologica* 21 (2), 35-117.
29. Kern, Z., Szeles, E., Horvatinčić, N., Forizs, I., Bočić, N., Nagy, B., 2011: Glaciochemical investigation of the ice deposit of Vukušić Ice Cave, Velebit Mountain, Croatia, *The Cryosphere* 5, 485 – 494.
30. Lozić, S., 1995: Vertikalna račlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 30, 17-28.
31. Marković, M., 1983: *Osnovi primijenjene geomorfologije*, Geoinstitut OOUR IMSIH, Beograd.
32. Mathez, E., A., Webster, J., D., 2004: *The Earth Machine – The Science of a Dynamic Planet*, Columbia University Press, New York Chichester, West Sussex.
33. Mihaljević, D., 1995: Relief reflection of structural reshaping during the recent tectonically active stage, in the North-Western part of the Outer Dinarides Mountain range, *Acta Geographica Croatica* 30, 5-16.
34. Pahernik, M., 2012: *Vojna topografija I*, Hrvatsko vojno učilište „Petar Zrinski“, Zagreb.
35. Perica, D., 1998: *Geomorfologija krša Velebita*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
36. Perica, D., Orešić, D., 1999: Klimatska obilježja Velebita, *Senjski zbornik* 26, 1-50.
37. Perica, D., Lončar, N., Lozić, S., 2010: The influence of nivation and cryofraction on periglacial relief formation on Velebit Mt. (Croatia), *Geologia Croatica* 63(3), 271-282.
38. Podobnikar, T., 2010: Mountains peaks determination supported with shape analysis, *Geographia Technica*, Special Issue, 111-119.
39. Podobnikar, T., 2012: Detecting Mountain Peaks and Delineating Their Shapes Using Digital Elevation Models, Remote Sensing and Geographic Information Systems Using Autometric Methodological Procedures, *Remote Sensing* 4, 784-809.
40. Rogić, V., 1958: *Velebitska primorska padina*, Radovi Geografskog Instituta u Zagrebu 2, Zagreb.

41. Roglić, J., 1974: Prilog hrvatskoj krškoj terminologiji, u: *Krš i njegovo značenje, sabrana djela* (ur: Matas, M.), Geografsko društvo Split, Hrvatsko geografsko društvo – Zadar, Geografski odsjek PMF-a – Zagreb, 267-336.
42. Stepišnik, U., Repe, B., 2015: Identifikacija vrućih točak geodiverzitete na primeru Krajinskog parka Rakov Škocjan, *Dela* 44, 45-62.
43. Stepišnik, U., 2015: Krasno polje on Velebit Mountain: morphographic and morphogenetic characteristics, *Hrvatski geografski glasnik* 77 (2), 85-99.
44. Šundov, M., 2012: *Geomorfologija Konavala, Dubrovačkog primorja, Elafita i Pelješca*, Meridijani, Zagreb, Samobor.
45. Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I., Matičec, D., 2005: Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 220, 333-360.

## IZVORI

1. Mamužić, P., Milan, A., Korolija, B., Borović, I., Majcen, Ž., 1969: *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 list Rab*, SGZ, Beograd – IGI, Zagreb.
2. Nace, T., 2015: The Tallest Mountain In The World Is Suprisingly Debatable, <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2015/11/25/tallest-mountain-in-the-world-debatable/#1407d5ee221c> (24.10.2017.)
3. Pahernik, M., n.d.: Geomorfološko kartiranje: kartografski znakovi, [http://www.pmf.unizg.hr/\\_download/repository/Geomorfolosko\\_kartiranje\\_simboli%5B2%5D.pdf](http://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/Geomorfolosko_kartiranje_simboli%5B2%5D.pdf) (1.12.2017.)
4. UIAA, 1994: The 4000ers of the Alps – Official UIAA List, [http://www.club4000.it/Articoli/Boll\\_uiaa.pdf](http://www.club4000.it/Articoli/Boll_uiaa.pdf) (23.7.2017.)
5. UIAA, 2008: Union Internationale des Associations d'Alpinisme / International Mountaineering and Climbing Federation, <http://www.theuiaa.org/> (23.7.2017.)
6. Zbirka kartografskih znakova mjerila od 1: 5000 do 1: 25 000, Državna geodetska uprava, [http://www.dgu.hr/assets/uploads/Dokumenti/Zakoni/Zbirka\\_kartografskih\\_znakova\\_Prilog\\_Pravilniku\\_NN1042011-web.pdf](http://www.dgu.hr/assets/uploads/Dokumenti/Zakoni/Zbirka_kartografskih_znakova_Prilog_Pravilniku_NN1042011-web.pdf) (1.12.2017.)

## POPIS PRILOGA I SLIKA

Slika 1 Smještaj, položaj i geomorfološka regionalizacija gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 2 Genetski tipovi reljefa gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 3 Skice objašnjenja reljefne izoliranosti

Slika 4 Gustoća vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 5 Grupe vrijednosti i frekvencije ponavljanja vrijednosti reljefne izoliranosti vrhova Gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 6 Reljefna izoliranosti gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 7 Reljefnom izoliranosti ponderirana gustoća vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 8 Hijerarhija izabranih vrhova i sedla gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 9 Najmanja udaljenost prvih 400 vrhova i sedla gorskog hrpta - masiva Velebita prema reljefnoj izoliranosti

Slika 10 Smjer povezivanja prvih 400 vrhova i sedla gorskog hrpta - masiva Velebita prema reljefnoj izoliranosti

Slika 11 Neponderirana i reljefnom izoliranosti ponderirana prostorna statistika vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 12 Razlika u udaljenosti među neponderiranim i reljefnom izoliranosti ponderiranim funkcijama prostorne statistike vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 13 Odstupanje vrijednosti reljefne izoliranosti od njene aritmetičke sredine vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 14 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova i vertikalne raščlanjenosti gorskova masiva Velebita

Slika 15 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova i trenda vertikalne raščlanjenosti gorskova masiva Velebita

Slika 16 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova i relativne vertikalne raščlanjenosti gorskova masiva Velebita

Slika 17 Prostorni odnos reljefne izoliranosti izabranih vrhova, područja relativnog izdizanja i pripadajućih zona udaljenosti na gorskom masivu Velebita

Slika 20 Prostorni odnos reljefnom izoliranosti ponderirane gustoće vrhova i strukturnih blokova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 21 Prosječan profil strukturnih blokova gorskog hrpta - masiva Velebita temeljem reljefne izoliranosti

Slika 22 Profili reljefne izoliranosti izabranih strukturnih blokova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 23 Petnaest najizoliranijih vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Slika 24 Indeks dominantnosti vrhova gorskog masiva Velebita i izdvojena područja Masiva i Grebena

Slika 25 Spearmanovi koeficijenti korelacije između reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita i vrijednosti njihovih morfometrijskih varijabli

Slika 26 Promjena Spearmanovih koeficijenata korelacija između reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita i vrijednosti njihovih morfometrijskih funkcija

Tablica 1 Geomorfološka regionalizacija gorskog hrpta - masiva Velebita

Tablica 2 Prvih deset vrhova svijeta prema nadmorskoj visini i reljefnoj izoliranosti

Tablica 3 Deskriptivni statistički pokazatelji svih i izabраниh vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Tablica 4 Statistički pokazatelji razreda odstupanja reljefne izoliranosti od aritmetičke sredine vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Tablica 5 Korelacija reljefne izoliranosti i nadmorskih visina izabраниh vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita iz različitih izvora

Tablica 6 Statistički pokazatelji razreda vertikalne raščlanjenosti gorskog hrpta - masiva Velebita

Tablica 7 Kvantitativna klasifikacija vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Tablica 8 Koeficijenti korelacije indeksa istaknutosti, nadmorske visine i reljefne izoliranosti vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Tablica 9 Statistički pokazatelji Masiva i Grebena gorskog hrpta - masiva Velebita

Tablica 10 Nadmorska visina, reljefna izoliranost i koordinate izoliranih vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

Tab. 10 Nadmorska visina, reljefna izoliranost i koordinate izoliranih vrhova gorskog hrpta - masiva Velebita

	ime	reljefna izoliranost (m)	nadmorska visina (m)	geografska širina	geografska dužina
1.	Vaganski vrh	1743	1743	44°22'03"N	15°30'18"E
2.	Mali Rajinac	721	1676	44°47'39"N	15°00'48"E
3.	Veliki Crnopac	598	1372	44°15'09"N	15°50'09"E
4.	Bijeli vrh	465	1479	44°52'18"N	15°03'54"E
5.	Oklinak	408	1165	44°14'21"N	15°57'42"E
6.	Čelavac	326	1188	44°15'36"N	15°47'09"E
7.	Marković - rudine	308	1086	44°47'18"N	15°17'18"E
8.	Debeljak	286	1493	44°38'36"N	15°06'09"E
9.	Risovac	279	847	44°40'12"N	15°18'48"E
10.	Crna kosa	264	919	44°36'51"N	15°14'18"E
11.	Siljevača	252	1427	44°28'00"N	15°14'42"E
12.	Veli golić	249	1533	44°41'36"N	15°04'24"E
13.	Vukov vrh	237	735	44°58'30"N	15°06'00"E
14.	Korenski vrh	237	1073	44°47'54"N	15°12'24"E
15.	Visočica	233	1583	44°25'45"N	15°22'15"E
16.	Veliki Sadikovac	228	1260	44°30'18"N	15°11'09"E
17.	Trušeljev vrh	228	1422	44°26'18"N	15°19'54"E
18.	Veliki vrh	218	889	44°41'45"N	15°14'54"E
19.	Paripovac	211	1038	44°13'18"N	15°59'27"E
20.	Kopanjan	211	859	44°50'18"N	15°08'36"E
21.	Veliki Sinjal	206	752	44°51'21"N	15°11'39"E
22.	Debelo brdo	203	1608	44°22'33"N	15°26'42"E
23.	Bojin kuk	198	1082	44°20'57"N	15°24'48"E
24.	1622	198	1610	44°42'03"N	14°59'27"E
25.	Veliki Stolac	198	1386	44°27'03"N	15°15'18"E
26.	Badanj	193	1607	44°23'21"N	15°28'06"E
27.	Čelavac	187	1575	44°24'48"N	15°24'06"E
28.	1317	186	1305	44°32'21"N	15°11'03"E
29.	Laktin vrh	182	1486	44°37'15"N	15°05'33"E

30.	Crni vrh	181	1073	44°19'51"N	15°30'09"E
31.	Crni vrh	176	1185	44°31'36"N	15°12'48"E
32.	Rusovo	175	1319	44°34'42"N	15°10'12"E
33.	Veliki Kozjak	175	1596	44°44'00"N	15°01'54"E
34.	Velika Karauševica	173	862	44°35'12"N	15°16'12"E
35.	Veliki vrh	172	1198	44°51'12"N	14°59'54"E
36.	Sigurnjakovac	171	989	44°47'18"N	15°08'15"E
37.	Prgačevac	171	745	44°55'54"N	15°06'00"E
38.	Bukovo pleće	170	1153	44°16'27"N	15°37'30"E
39.	Veliki Rajinac	167	1644	44°46'57"N	15°01'33"E
40.	Zalinac	167	1443	44°40'03"N	15°05'57"E
41.	Gubavac	164	864	44°59'12"N	14°58'24"E
42.	Veliki Oštrac	158	956	44°43'03"N	15°09'48"E
43.	Vrh Konjevače	157	1359	44°29'27"N	15°12'21"E
44.	Šatorina	157	1602	44°38'54"N	15°02'57"E
45.	Golić	157	1399	44°24'18"N	15°22'09"E
46.	Vidakov kuk	150	835	44°19'21"N	15°27'57"E
47.	875	151	878	44°42'54"N	15°13'36"E
48.	Budakovo brdo	150	1301	44°34'57"N	15°04'27"E
49.	Vratarski kuk	150	1653	44°45'57"N	15°00'03"E
50.	1012	148	716	44°49'54"N	15°14'42"E
51.	Golić	147	1238	44°21'03"N	15°26'54"E
52.	Metla	146	1271	44°32'27"N	15°12'36"E
53.	Veliki Pivčevac	146	1654	44°48'18"N	14°59'33"E
54.	Sveto brdo	143	1729	44°19'42"N	15°34'09"E
55.	Mikića vrh	142	733	44°59'09"N	15°05'09"E
56.	Mali Orljak	141	1116	44°27'33"N	15°19'39"E
57.	940	139	937	44°16'39"N	15°58'27"E
58.	Veliki Goljak	138	827	44°58'30"N	15°01'39"E
59.	Kozjak	138	1541	44°24'12"N	15°23'51"E
60.	Javorovo bilo	137	1350	44°36'24"N	15°07'24"E
61.	Panoga	136	1032	44°14'51"N	15°45'03"E
62.	Metlača	136	784	44°39'27"N	15°18'24"E

63.	Krčmar	134	751	44°34'15"N	15°17'36"E
64.	Velike ploče	133	1320	44°24'51"N	15°20'18"E
65.	Zečeva plan	133	1407	44°55'00"N	15°01'21"E
66.	Lisac	131	1430	44°37'15"N	15°03'33"E
67.	Bačić kuk	130	1267	44°34'45"N	15°05'45"E
68.	Veliki vrh	130	1281	44°36'27"N	15°09'30"E
69.	Ograđenik	130	1599	44°39'24"N	15°01'15"E
70.	Sklopača	129	774	44°38'48"N	15°19'45"E
71.	Banjski vrh (Rastovka)	128	625	44°52'57"N	15°07'33"E
72.	Goljak	127	1586	44°43'27"N	15°00'45"E
73.	Basača (Škrbina)	127	1069	44°32'00"N	15°08'12"E
74.	Debeli vrh	126	1341	44°38'48"N	15°04'54"E
75.	Krčmar	126	986	44°40'54"N	15°11'00"E
76.	1451	125	1426	44°28'06"N	15°15'51"E
77.	Veliki Tisovac	125	1016	44°47'24"N	15°14'12"E
78.	Veliki Hržić	124	904	44°48'39"N	15°16'42"E
79.	Jelovac	124	1077	44°16'54"N	15°36'06"E
80.	Tarni vrh	124	870	44°43'54"N	15°13'51"E
81.	1164	123	1147	44°32'36"N	15°08'48"E
82.	Oščenica	122	1157	44°16'18"N	15°40'39"E
83.	Malovan	120	1590	44°39'00"N	15°01'51"E
84.	1595	119	1576	44°40'12"N	15°00'57"E
85.	Kita Gačešina	119	1192	44°16'15"N	15°50'24"E
86.	Siljevača (Grob)	119	1424	44°28'12"N	15°17'06"E
87.	Ždriški kuk	118	1139	44°28'57"N	15°11'12"E
88.	Jovinov kuk	118	918	44°22'27"N	15°21'18"E
89.	Debela glavica	118	770	44°41'12"N	15°19'57"E
90.	Jatarska kosa	118	765	44°18'54"N	15°44'12"E
91.	Visočica	116	953	44°14'39"N	15°55'09"E
92.	Veliki Vitrenik	116	401	44°18'03"N	15°27'09"E
93.	Golić	115	1320	44°25'24"N	15°19'51"E
94.	Veliki Zavižan	115	1652	44°48'09"N	14°58'24"E

95.	Miljkovićev vrh	114	1319	44°28'54"N	15°13'15"E
96.	Goli vrh	112	1420	44°28'36"N	15°15'00"E
97.	Lisina	112	1060	44°46'06"N	15°18'18"E
98.	968	111	944	44°21'48"N	15°23'39"E
99.	1266	111	1253	44°35'54"N	15°08'00"E
100.	Plješivica	110	1646	44°49'39"N	14°59'33"E
101.	Seline	110	1472	44°25'21"N	15°22'57"E
102.	Golić	109	1431	44°24'00"N	15°22'42"E
103.	1568	109	1567	44°24'21"N	15°25'45"E
104.	Jerkovac	108	1225	44°19'09"N	15°32'24"E
105.	Krekovo brdo	107	657	44°59'12"N	15°02'51"E
106.	Crmušina	107	1300	44°34'30"N	15°09'15"E
107.	Mačijak	107	946	44°44'36"N	15°11'33"E
108.	Vrši	107	1236	44°26'45"N	15°17'12"E
109.	Visibaba	106	794	44°13'12"N	15°56'39"E
110.	Rteševa glavica	105	808	44°22'57"N	15°34'18"E
111.	Debeli kuk	105	1235	44°25'06"N	15°18'36"E
112.	Mali Kozjak	103	1441	44°44'36"N	15°02'03"E
113.	Švički vrh	103	615	44°52'57"N	15°10'15"E
114.	Hajdučki vrh	102	1651	44°45'03"N	14°59'45"E
115.	Obljak	101	426	44°22'24"N	15°18'42"E
116.	Razršje	100	1113	44°34'12"N	15°04'27"E
117.	Ostrovica	100	792	44°39'12"N	15°13'24"E
118.	Plan	100	822	44°59'12"N	15°00'27"E
119.	1649	99	1624	44°45'48"N	15°01'15"E
120.	1650	99	1624	44°46'03"N	15°01'00"E
121.	Jurasova glava	99	718	44°18'51"N	15°29'12"E
122.	Presvrata	99	944	44°15'57"N	15°53'33"E
123.	Cagar	98	853	44°42'06"N	15°11'42"E
124.	Paljevina (Lisac)	97	657	44°49'12"N	15°14'24"E
125.	Kašika	96	829	44°40'42"N	15°19'09"E
126.	Ilina greda	95	1032	44°47'54"N	15°06'36"E
127.	Beljčevica	95	719	44°32'57"N	15°05'21"E



128.	Javornik	95	1449	44°37'57"N	15°05'48"E
129.	938	94	913	44°40'15"N	15°14'06"E
130.	Torine	94	913	44°40'03"N	15°14'27"E
131.	Anića kuk	94	668	44°18'24"N	15°28'57"E
132.	Sladovačko brdo	94	1194	44°30'51"N	15°10'24"E
133.	Đakovac	94	1044	44°45'57"N	15°19'06"E
134.	Siljak	94	1472	44°25'36"N	15°21'24"E
135.	Velika Bobija	94	567	44°14'48"N	15°38'30"E
136.	1410	93	1396	44°28'39"N	15°14'15"E
137.	Panos	93	1229	44°25'36"N	15°16'54"E
138.	Pljišivica	93	1559	44°48'15"N	15°01'54"E
139.	Prolog	92	990	44°14'51"N	15°46'48"E
140.	Veliki vrh	92	737	44°45'36"N	15°16'06"E
141.	1625	90	1597	44°23'36"N	15°27'33"E
142.	Pezelj - vrh	90	1200	44°34'54"N	15°12'48"E
143.	Javornik	90	1495	44°42'24"N	15°03'39"E
144.	Rudinak	88	579	44°53'48"N	15°08'57"E
145.	Tisov vrh	88	1303	44°42'09"N	15°05'54"E
146.	Melatovac	88	679	44°56'48"N	15°03'42"E
147.	Kiza	88	1230	44°32'54"N	15°09'36"E
148.	Grižina kita	88	1351	44°54'51"N	15°00'15"E
149.	Luberdenik	88	624	44°51'36"N	15°08'27"E
150.	Butinovača	87	1103	44°33'15"N	15°07'45"E
151.	Bukovi vrh	87	1486	44°22'33"N	15°30'54"E
152.	1456	87	1457	44°46'27"N	15°03'09"E
153.	954	86	956	44°49'03"N	15°06'48"E
154.	Vinica	86	587	44°51'21"N	15°14'27"E
155.	Lastva	53	1685	44°21'15"N	15°31'00"E
156.	1690	53	1685	44°21'18"N	15°30'51"E
157.	Sekizovac	85	595	44°52'24"N	15°08'00"E
158.	910	85	908	44°16'39"N	15°59'57"E
159.	Rukavinski vrh	85	748	44°38'54"N	15°17'09"E
160.	Stipčov vrh	85	743	44°36'18"N	15°13'30"E

161.	Vučjak	85	1623	44°48'57"N	14°58'33"E
162.	1366	84	1362	44°53'12"N	15°01'48"E
163.	Cipele	84	1372	44°50'03"N	14°57'27"E
164.	Pena	84	952	44°15'24"N	15°59'24"E
165.	578	83	572	44°52'48"N	15°11'21"E
166.	Gradinica	83	677	44°44'33"N	15°17'21"E
167.	Kitavac	83	1543	44°46'51"N	15°02'18"E
168.	Kita	83	816	44°36'30"N	15°15'03"E
169.	1642	83	1627	44°48'57"N	14°59'33"E
170.	Mala Visočica	82	1530	44°25'18"N	15°24'30"E
171.	Vršeljak	82	1268	44°33'39"N	15°11'24"E
172.	934	82	918	44°14'03"N	16°00'00"E
173.	779	82	766	44°48'51"N	15°11'57"E
174.	Manitaš	82	1368	44°39'48"N	15°04'36"E
175.	Međunački vrh	81	971	44°47'12"N	15°16'06"E
176.	Ljuljevačka kosica	81	1533	44°40'42"N	15°01'57"E
177.	1491	81	1476	44°23'33"N	15°23'57"E
178.	Lisac	80	1516	44°45'15"N	14°57'06"E
179.	Goli vrh	79	1649	44°44'45"N	14°59'21"E
180.	Babin vrh	79	1718	44°20'21"N	15°33'51"E
181.	Malovan	79	1678	44°21'21"N	15°31'39"E
182.	Crnaj	79	986	44°40'48"N	15°09'09"E
183.	Palež	79	728	44°21'42"N	15°37'24"E
184.	Veliki Obljak	79	1489	44°42'15"N	15°04'51"E
185.	Prikinuto brdo	79	1251	44°34'27"N	15°05'18"E
186.	Alančić	78	1600	44°43'54"N	14°58'09"E
187.	1745	78	1720	44°22'33"N	15°29'21"E
188.	Ljuti vrh	78	1112	44°34'00"N	15°13'30"E
189.	Araličin vrh	78	607	44°53'03"N	15°09'06"E
190.	Škarina kosa	77	811	44°43'21"N	15°14'57"E
191.	Veliki Brušljan	77	722	44°57'09"N	15°04'48"E
192.	Rožanski vrh	77	1617	44°44'39"N	14°57'48"E
193.	712	77	691	44°18'51"N	15°42'03"E

194.	Sklopina	77	1258	44°31'42"N	15°13'45"E
195.	Ruja	76	928	44°14'12"N	15°55'06"E
196.	Klepetuša	76	1274	44°27'24"N	15°17'45"E
197.	Malovan	76	882	44°16'00"N	15°58'30"E
198.	Oščenica	76	1003	44°17'36"N	15°34'15"E
199.	Grabrič	76	783	44°49'39"N	15°10'12"E
200.	Hrasova strana	75	680	44°28'06"N	15°20'45"E
201.	Risovljak	75	713	44°55'00"N	15°05'51"E
202.	Kuk	75	814	44°41'42"N	15°12'45"E
203.	Budim	75	1183	44°47'48"N	14°56'33"E
204.	1208	75	1195	44°45'24"N	15°07'54"E
205.	1298	75	1276	44°45'00"N	15°04'48"E
206.	1028	75	1021	44°47'15"N	15°12'15"E
207.	1345	74	1323	44°25'33"N	15°20'42"E
208.	1355	74	1352	44°26'39"N	15°19'42"E
209.	1099	74	1095	44°16'15"N	15°39'30"E
210.	Španjuša	74	686	44°38'54"N	15°10'57"E
211.	1530	74	1536	44°24'39"N	15°25'09"E
212.	Crni vrh	74	1055	44°47'48"N	15°13'12"E
213.	Lipovac	74	742	44°34'27"N	15°15'57"E
214.	Tompaljuša	73	851	44°33'15"N	15°06'06"E
215.	Kokošnica	73	1591	44°47'57"N	15°00'03"E
216.	Pečinski vrh(Dedinovac)	73	778	44°40'33"N	15°17'21"E
217.	Vrata	72	949	44°47'00"N	15°13'39"E
218.	Vrzin vrh	72	656	44°56'06"N	15°03'21"E
219.	Plasine	72	1091	44°33'39"N	15°14'12"E
220.	Ljutača	72	667	44°33'42"N	15°17'09"E
221.	Budim	71	739	44°31'12"N	15°07'18"E
222.	Kuk od Dubrave	71	713	44°18'03"N	15°30'57"E
223.	1616	71	1587	44°46'54"N	14°59'03"E
224.	Grabovo rame	71	1219	44°43'33"N	15°03'51"E
225.	Kozjak	71	1202	44°35'51"N	15°06'36"E

226.	Dupli vršak	71	757	44°48'24"N	15°14'06"E
227.	Crni vrh	71	1207	44°41'57"N	15°07'09"E
228.	Perin vrh	71	706	44°50'36"N	15°13'33"E
229.	Jadićevac	70	1259	44°33'21"N	15°11'57"E
230.	Crni vrh	70	912	44°17'45"N	15°45'21"E
231.	Čepljes	70	611	44°51'18"N	15°07'27"E
232.	Robinac	69	1580	44°48'54"N	15°00'57"E
233.	Kurozeb	69	1146	44°36'18"N	15°01'39"E
234.	Šiljak	69	839	44°17'00"N	15°48'03"E
235.	1512	69	1506	44°45'42"N	14°57'57"E
236.	Rupčića vrh	69	669	44°35'15"N	15°14'39"E
237.	Glavica od Japaga	69	870	44°22'00"N	15°21'51"E
238.	Jasenove kose	68	1291	44°25'09"N	15°20'39"E
239.	Crni vrh	68	774	44°59'09"N	15°01'54"E
240.	1301	68	1278	44°29'09"N	15°12'54"E
241.	Medin golič	68	1545	44°41'42"N	15°01'24"E
242.	1420	68	1422	44°21'12"N	15°33'06"E
243.	Tisov vrh	67	850	44°47'57"N	15°16'27"E
244.	Vekavac	67	664	44°34'57"N	15°17'48"E
245.	Jazmakuša	67	1308	44°35'12"N	15°10'03"E
246.	Vršak (iznad klanca)	66	1132	44°51'42"N	15°00'33"E
247.	Kalčić	66	957	44°48'21"N	15°10'06"E
248.	Škiljina kosa	66	979	44°19'48"N	15°31'18"E
249.	Jugovići	66	560	44°44'57"N	15°15'15"E
250.	Garoviški vrh	66	677	44°38'36"N	15°16'06"E
251.	Bijeli kuk	65	1316	44°51'09"N	15°05'09"E
252.	1385	65	1351	44°28'09"N	15°14'03"E
253.	Josipov vrh	65	1180	44°35'42"N	15°11'48"E
254.	Seravski vrh	64	1642	44°44'48"N	14°58'36"E
255.	Orlov kuk	64	824	44°19'54"N	15°29'03"E
256.	1265	64	1236	44°25'12"N	15°19'09"E
257.	712	64	711	44°46'18"N	15°21'57"E

258.	Bukova kosa	64	685	44°18'54"N	15°45'39"E
259.	Stremušni vrh	64	897	44°15'21"N	15°53'18"E
260.	Čelinka	64	737	44°39'30"N	15°15'45"E
261.	Mujinovača	64	689	44°41'48"N	15°18'57"E
262.	1264	63	1243	44°25'03"N	15°19'39"E
263.	Težakovačko bilo	63	1444	44°37'51"N	15°03'00"E
264.	Mali Kozjak	63	926	44°31'03"N	15°15'36"E
265.	1520	63	1502	44°45'21"N	15°02'15"E
266.	1441	63	1424	44°18'48"N	15°34'33"E
267.	Crni vrh	63	1085	44°19'42"N	15°37'06"E
268.	Vlaka	63	1108	44°29'09"N	15°10'42"E
269.	Veliki konj	63	1110	44°44'33"N	15°09'33"E
270.	Markovac	63	730	44°39'51"N	15°17'39"E
271.	1330	63	1315	44°51'15"N	15°04'39"E
272.	Lipov vrh	63	977	44°16'21"N	15°36'21"E
273.	Božica vršina	63	1212	44°17'30"N	15°37'00"E
274.	Bobički kuk	63	1408	44°23'30"N	15°22'48"E
275.	Veli Golić	62	1348	44°18'21"N	15°36'39"E
276.	Metla	62	711	44°38'42"N	15°14'45"E
277.	Oštrika	62	1213	44°45'36"N	15°06'54"E
278.	Medveđak	62	868	44°47'57"N	15°07'36"E
279.	Visibaba	62	1148	44°33'57"N	15°06'21"E
280.	Rašlje	62	1052	44°27'54"N	15°18'54"E
281.	Palež	62	685	44°24'42"N	15°30'42"E
282.	Karaula	62	742	44°40'03"N	15°20'03"E
283.	Vučji vrh	61	739	44°16'06"N	15°55'24"E
284.	Jurekovački kuk	61	1504	44°45'06"N	15°01'42"E
285.	Mala Bobija	61	489	44°14'27"N	15°39'33"E
286.	1011	61	1104	44°17'09"N	15°40'03"E
287.	Pupak	61	1413	44°40'57"N	15°05'18"E
288.	Borovi vrh	61	1087	44°50'15"N	14°56'09"E
289.	Vrbakovac	61	1142	44°41'36"N	15°08'24"E
290.	Hrastovac	60	903	44°48'15"N	15°17'00"E

291.	Vitorovica	60	530	44°53'09"N	15°11'57"E
292.	Begrovo bilo	60	1343	44°55'03"N	15°00'45"E
293.	Lisina	60	972	44°33'45"N	15°13'00"E
294.	1512	60	1489	44°46'24"N	14°57'45"E
295.	798	60	796	44°40'45"N	15°18'24"E
296.	Šuntinovica	60	745	44°38'33"N	15°10'03"E
297.	Razvršje	60	950	44°32'12"N	15°15'06"E
298.	Šegestin	60	1707	44°21'51"N	15°31'00"E
299.	Vučji vrh	60	742	44°46'06"N	15°14'42"E
300.	1010	59	1007	44°47'06"N	15°12'45"E
301.	Medveđak	59	939	44°40'42"N	15°11'54"E
302.	Veliki Orljak	59	1302	44°26'33"N	15°21'33"E
303.	Prolog	59	1049	44°55'24"N	14°58'45"E
304.	Čelina	59	701	44°38'33"N	15°16'45"E
305.	Lisac	59	1475	44°23'12"N	15°29'51"E
306.	1303	59	1279	44°24'45"N	15°20'57"E
307.	Jasenovac	58	1526	44°42'00"N	15°04'15"E
308.	941	58	932	44°47'48"N	15°10'15"E
309.	Buzdovan	58	713	44°21'21"N	15°36'06"E
310.	Veliko bilo	58	1486	44°19'42"N	15°35'06"E
311.	Vlaka	58	950	44°23'21"N	15°21'00"E
312.	Rastovača	58	549	44°54'36"N	15°04'51"E
313.	Mali Golići	58	1560	44°42'45"N	15°01'24"E
314.	Četinarica	57	1159	44°16'18"N	15°46'09"E
315.	Gradić	57	715	44°19'30"N	15°26'39"E
316.	Fortica	57	856	44°59'12"N	14°59'21"E
317.	1084	57	1086	44°43'27"N	15°06'48"E
318.	Lukšanovac	57	1451	44°39'33"N	15°00'30"E
319.	Glavica Teslića	57	778	44°23'48"N	15°33'03"E
320.	Ljuljačka	57	1258	44°36'54"N	15°02'18"E
321.	Visibaba	57	1431	44°41'33"N	14°58'45"E
322.	Mramornica	57	1393	44°45'57"N	15°04'09"E
323.	Gromovača	56	1642	44°46'24"N	14°59'03"E

324.	1289	56	1296	44°52'39"N	15°00'21"E
325.	755	56	754	44°18'39"N	15°30'30"E
326.	Malo Bilo	56	1427	44°19'24"N	15°35'42"E
327.	Zečja glavica	56	972	44°16'48"N	15°44'51"E
328.	Štrop	56	1115	44°35'06"N	15°08'39"E
329.	Rošin vrh	56	1028	44°33'27"N	15°14'51"E
330.	Obljak	56	404	44°22'39"N	15°18'18"E
331.	Stružnica	55	1095	44°16'39"N	15°40'15"E
332.	Čovik	55	1095	44°18'00"N	15°34'45"E
333.	Osječenica	55	697	44°40'39"N	15°20'21"E
334.	Čunj	55	1401	44°23'18"N	15°25'42"E
335.	Crni vrh	55	1047	44°43'24"N	15°07'48"E
336.	490	55	486	44°55'57"N	15°08'27"E
337.	Odžinac	55	844	44°45'33"N	14°55'42"E
338.	Cipaljski vrh	55	1536	44°41'36"N	15°00'00"E
339.	1232	54	1206	44°32'45"N	15°10'18"E
340.	Sječa	54	1135	44°44'54"N	15°08'54"E
341.	870	54	866	44°40'48"N	15°12'33"E
342.	Vundikovac	54	578	44°53'12"N	15°06'30"E
343.	1217	54	1203	44°35'33"N	15°09'21"E
344.	Trnova glavica	54	1078	44°33'48"N	15°10'00"E
345.	1040	53	1040	44°16'27"N	15°38'54"E
346.	Petrička glavica	53	634	44°43'12"N	15°20'39"E
347.	Karaula	53	656	44°42'57"N	15°19'39"E
348.	Sušanj	53	555	44°42'33"N	15°17'06"E
349.	1530	53	1530	44°47'24"N	15°01'39"E
350.	Brizovačka kosa	53	963	44°34'36"N	15°03'09"E
351.	Tromeđa	52	1252	44°45'39"N	15°05'15"E
352.	1140	52	1145	44°17'36"N	15°38'36"E
353.	Oštro	52	793	44°46'30"N	15°12'42"E
354.	Komusovica	52	1190	44°32'51"N	15°11'36"E
355.	Bilo Jadрино	51	911	44°15'57"N	15°42'42"E
356.	1325	51	1311	44°37'15"N	15°04'00"E

357.	918	51	891	44°23'06"N	15°21'24"E
358.	Brdašce	51	1372	44°23'27"N	15°24'57"E
359.	Crni vrh	51	933	44°53'51"N	14°58'21"E
360.	Crni vrh	51	778	44°21'48"N	15°34'57"E
361.	Bukovlje	50	812	44°46'57"N	15°10'18"E
362.	Kojića glavica	50	715	44°19'54"N	15°26'54"E
363.	Mali Golić	50	1175	44°17'30"N	15°37'45"E
364.	1096	50	1081	44°47'18"N	15°18'00"E
365.	Risova kosa	50	639	44°28'21"N	15°19'42"E
366.	Vrh Mole	50	991	44°48'00"N	15°05'36"E
367.	Mali Sadikovac	50	1145	44°29'51"N	15°11'36"E
368.	Plandište	50	912	44°48'45"N	15°07'54"E
369.	Petkovića vrh	50	598	44°52'42"N	15°06'54"E
370.	Male Vršine	50	1339	44°18'42"N	15°36'12"E
371.	926	50	923	44°46'45"N	15°19'39"E
372.	Opaljenac	50	991	44°46'51"N	15°17'06"E
373.	Guvno	50	996	44°47'39"N	15°11'42"E
374.	876	49	869	44°16'00"N	15°56'54"E
375.	Korovilje	49	1485	44°22'36"N	15°25'39"E
376.	Kosa	49	1380	44°40'57"N	14°59'00"E
377.	1270	49	1275	44°36'48"N	15°07'33"E
378.	Žuljov vrh (Panos)	49	1107	44°34'18"N	15°08'15"E
379.	Mali Goljak	49	709	44°58'27"N	15°01'09"E
380.	Tisov vrh	49	1234	44°35'00"N	15°10'51"E
381.	Šuplji kuk	49	1115	44°28'39"N	15°11'36"E
382.	Buzdovan	49	774	44°36'45"N	15°12'30"E
383.	Okrugljak	48	579	44°55'00"N	15°04'12"E
384.	1507	48	1495	44°41'33"N	15°01'51"E
385.	500	48	498	44°50'24"N	15°16'51"E
386.	Prisoj	48	665	44°41'27"N	15°17'00"E
387.	1270	48	1277	44°51'03"N	15°03'15"E
388.	Šaketina plan	48	1221	44°51'24"N	15°01'27"E
389.	Alanac	48	1055	44°16'18"N	15°38'21"E



390.	1390	48	1372	44°44'57"N	15°00'54"E
391.	Kneževića kosa	48	883	44°15'36"N	15°58'15"E
392.	Melica	48	1012	44°52'09"N	14°57'30"E
393.	Gluvaja	47	1003	44°33'06"N	15°14'57"E
394.	Vučjak	47	1013	44°50'15"N	15°02'00"E
395.	Runjavica	47	705	44°18'00"N	15°32'00"E
396.	Vlaški grad	47	1329	44°19'30"N	15°33'03"E
397.	Vrščić	47	772	44°28'15"N	15°11'06"E
398.	Tulove grede	47	1089	44°15'51"N	15°39'30"E
399.	Brujin vrh	47	1043	44°46'27"N	15°17'48"E
400.	731	47	744	44°59'12"N	15°01'18"E